



# Optimalizace procesu výroby laminované textilie na automobilové sedačky pro firmu Adient Strakonice s.r.o.

## Diplomová práce

*Studijní program:* N3957 – Průmyslové inženýrství

*Studijní obor:* 3911T023 – Řízení jakosti

*Autor práce:* **Bc. Kryštof Jelínek**

*Vedoucí práce:* doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.





# Optimization of the production process of laminated fabric used on car seats for the company Adient Strakonice s.r.o.

## Master thesis

*Study programme:* N3957 – Industrial Engineering

*Study branch:* 3911T023 – Quality Control

*Author:* **Bc. Kryštof Jelínek**

*Supervisor:* doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Kryštof Jelínek**

Osobní číslo: **T15000025**

Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**

Studijní obor: **Řízení jakosti**

Název tématu: **Optimalizace procesu výroby laminované textilie na automobilové sedačky pro firmu Adient Strakonice s.r.o.**

Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

### Z á s a d y   p r o   v y p r a c o v á n í :

1. Proveďte literární průzkum na téma optimalizace a kontrola kvality procesu výroby laminované textilie na automobilové sedačky.
2. Proveďte sběr vybraných znaků jakosti na stejném typu laminované textilie (tloušťka a pevnost v lpení) na automobilové sedačky. Data získávejte jak v procesu výroby laminované textilie, tak v laboratorních podmínkách po relaxaci.
3. Proveďte statistickou analýzu dat a vyhodnoťte rozdíly v získaných datech.
4. Na základě analýzy dat navrhnete optimalizaci procesu výroby laminované textilie na automobilové sedačky vzhledem k vybraným znakům jakosti pro zlepšení kvality výrobku.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] Korycki, R., Szafrńska, H. Sensitivity of Temperature Field to Material Parameters within the Clothing Laminate Process. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2014, 22(105), 83-88.
- [2] Masteikaite, V, Sacevičiene, V. Study on tensile properties of coated fabrics and laminates. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 2005, 30, 267-272.
- [3] Trias, D., García, R., Costa, J., Blanco, N., Hurtado, J. E. Quality control of CFRP by means of digital image processing and statistical point pattern analysis. *Composites Science and Technology*, 2007, 67, 2438-2446.
- [4] Testik, M. C. Model Inadequacy and Residuals Control Charts for Autocorrelated Processes. *Quality and Reliability Engineering International*. 2005, 21, 115-130.
- [5] Rudnick, E. S., Mills, W., Statistical Quality Control at Work in a Cotton Mill. *Textile Research Journal*, 1950, 727-734.
- [6] Tunák, M., Bajžík, V., Testik, M. C. Monitoring chenille yarn defects using image processing with control charts. *Textile Research Journal*, 2011, 81(13), 1344-1353.
- [7] Ertugrul İ., Aytaç E., Construction of quality control charts by using probability and fuzzy approaches and an application in a textile company. *J Intell Manuf*, 2009, 20, 139-149.
- [8] Kazantzzeva, I. L., Artemenko S. E., Ustinova T. P., Marinchev V. N. Use Of Statistical Control Methods For Assessing The Quality of Polycapromide. *Fibre Chemistry*, 2000, 32(6), 461-467.
- [9] ČSN EN ISO 2411. Textilie povrstvené pryží nebo plasty Zjišťování přilnavosti povrstvení. Praha: Český normalizační institut, 2001

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Maroš Tunák, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

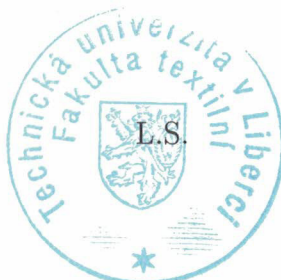
Datum zadání diplomové práce:

29. března 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

4. května 2018

Ing. Jana Drašarová, Ph.D.  
děkanka



doc. Ing. Vladimír Bajžík, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. února 2018

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

## **Anotace**

Firma Adient s r. o. chce garantovat svým zákazníkům přesnost vybraných parametrů jakosti laminované textilie pro výrobu automobilových sedaček. Doposud má firma problém s garancí přesnosti dvou znaků jakosti laminované textilie: tloušťkou laminované textilie, pevnosti v lpění jednotlivých vrstev laminované textilie. Cílem této práce je optimalizace výroby laminované textilie pro firmu Adient Strakonice s. r. o. za účelem optimalizovat vstupní parametry za účelem zabezpečit statisticky zvládnutý stav v určených znacích jakosti. V práci je sledován rozdíl hodnot měřených znaků jakosti v průběhu výroby laminované textilie. Výsledkem této práce jsou dva návrhy optimalizace v průběhu výroby laminované textilie.

Klíčová slova: ANOVA, MSA analýza, textilní laminace, optimalizace procesu.

## **Annotation**

Company Adient Strakonice s. r. o. wants to guarantee to its customers the accuracy of selected quality parameters of laminated fabric for the production of car seats. Until now, the company has a problem with guarantee of accuracy of two quality parameters of the laminated fabric: the thickness of the laminated fabric, the strength of the bonding of the individual layers of laminated fabric. The main goal of this work is to optimize the production of laminated textiles for the company Adient Strakonice s. r. o. in order to optimize the input parameters in order to ensure a statistically controlled state in the designated quality labels. The thesis is followed by the difference in the values of the measured quality characteristics during the production of the laminated textile. The result of this work is two optimization suggestions for the production of laminated fabric.

Keywords: ANOVA, measurement system analysis, textile lamination, process optimization.

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Marošovi Tunákovi, Ph.D., za konzultace, cenné rady a podporu při vypracování této diplomové práce. Dále bych rád poděkoval firmě Adient Strakonice s. r. o. za příležitost k vypracování této diplomové práce, zejména pak Ing. Monice Hamrníkové za vedení a ochotu pomoci.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat mé rodině a všem kamarádům za jejich podporu a to nejen při vzniku této práce, ale i během průběhu celého mého studia.

## Obsah

Úvod.....	10
1 Souhrn současného stavu .....	12
2 Rozbor současného stavu.....	15
2.1 Výrobní proces plamenné laminace Schmitt .....	15
2.2 Odběr vzorků ve výrobě.....	16
2.3 Testování vzorku ve výrobě .....	16
2.4 Odběr vzorků v laboratoři .....	17
2.5 Testování vzorků v laboratoři .....	17
3 Návrh experimentu .....	18
3.1 Popis použitých měřicích přístrojů .....	18
3.2 Návrh odběru vzorků ve výrobě.....	19
3.3 Návrh odběru vzorků v laboratoři .....	20
3.4 Návrh testování vzorků ve výrobě .....	20
3.5 Návrh testování vzorků v laboratoři.....	21
4 Návrh testování tloušťky laminátu před relaxací.....	22
4.1 Testování tloušťky laminátu s pěnou Lamiflex 1850 mm × 3 mm před relaxací	23
4.2 Testování tloušťky laminátu s pěnou Caligen 1830 mm × 2.5 mm před relaxací	26
4.3 Testování tloušťky laminátu s pěnou Caligen 2060 mm × 2,2 mm před relaxací	29
4.4 Testování tloušťky laminátu s pěnou Caligen 2060 mm × 3 mm .....	32
5 Návrh testování tloušťky velkonábalů před a po relaxaci .....	35
5.1 Testování dat tloušťky, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	36
5.2 Testování tloušťky, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	37
5.3 Testování tloušťky, Caligen 2060 mm × 2,2 mm .....	39
5.4 Testování tloušťky, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	40
6 Návrh testování pevnosti lpění lící strany laminátu před relaxací.....	42
6.1 Testování dat lpění lící strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	43



6.2	Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	46
6.3	Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm .....	49
6.4	Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	51
7	Návrh testování pevnosti v lpění lící strany laminátu před a po relaxaci .....	54
7.1	Testování dat lpění lící strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	54
7.2	Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2.5 mm .....	55
7.3	Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2.2 mm .....	56
7.4	Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	57
8	Návrh testování pevnosti lpění rubové strany laminátu před relaxací .....	59
8.1	Testování dat lpění rubové strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	60
8.2	Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu pro Lamiflex 1850 mm×3 mm .	62
8.3	Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2.5 mm .....	62
8.4	Testování dat rubové strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2.2 mm .....	65
8.5	Testování dat rubové strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	66
8.6	Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu pro Caligen 2060 mm × 3 mm..	68
9	Návrh testování pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci .....	69
9.1	Testování dat lpění rubové strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	69
9.2	Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2.5 mm .....	70
9.3	Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2.2mm .....	71
9.4	Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 2060mm × 3mm .....	72
10	Návrh optimalizace .....	74
10.1	Návrh úpravy výrobních parametrů laminační linky .....	74
10.2	Návrh na zkrácení čekajících dob na uvolnění laminované textilie .....	74
11	Návrh optimalizace úpravou výrobních parametrů laminační linky .....	75
11.1	Popis použitých přístrojů .....	75
11.2	Návrh odběru vzorků .....	76
11.3	Návrh testování vzorků .....	76

11.4 Zhodnocení úpravy výrobních parametrů laminační linky .....	78
12 Návrh optimalizace zkrácením čekacích dob na uvolnění materiálu .....	79
12.1 Popis použitých přístrojů .....	79
12.2 Návrh odběru vzorků .....	79
12.3 Návrh testování vzorků .....	79
12.4 Testování vývoje pevnosti v lpění lící strany laminátu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	80
12.5 Testování vývoje pevnosti v lpění rubové strany laminátu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	81
12.6 Závěr optimalizace zkrácením čekacích dob na uvolnění materiálu .....	82
13 Test rozdílů mezi měřidly tloušťky .....	84
13.1 Popis použitých přístrojů .....	84
13.2 Návrh odběru vzorků .....	86
13.3 Návrh testování vzorků .....	86
13.4 Testování tloušťky laminátu ARUN 3,2 .....	87
13.5 Testování tloušťky SLY UNI.....	87
13.6 Zhodnocení testu rozdílů mezi měřidly tloušťky .....	88
14 MSA – Analýza systému měření .....	89
14.1 MSA analýza materiálu SLY UNI.....	90
14.2 MSA analýza materiálu ARUN .....	92
14.3 Zhodnocení MSA analýzy SLY UNI a ARUN.....	95
Závěr .....	96
Seznam literatury .....	99
Seznam obrázků.....	100
Seznam tabulek .....	104

## Úvod

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací procesu výroby laminované textilie pro firmu Adient Strakonice s r. o., za účelem zvýšení kvality laminované textilie pro automobilové sedačky. Technologicky se bude jednat o laminaci plamenem. Mezi měřené znaky jakosti bude patřit tloušťka laminované textilie a pevnost v lpění jednotlivých vrstev laminované textilie (krycí vrstva - tkanina, polyuretanová pěna, spodní textilie).

Firma Adient s r. o. chce garantovat svým zákazníkům přesnost (včetně určité tolerance) vybraných parametrů jakosti laminované textilie pro výrobu automobilových sedaček.

Doposud má firma Adient s r. o. problémy s garancí přesnosti zmíněných znaků jakosti. Z tohoto důvodu bude tato diplomová práce zaměřena na analýzu dat získaných přímo ve výrobě a s časovou prodlevou (relaxace vyrobené laminované textilie) v laboratoři. Tyto dva soubory dat se dle informací z podniku běžně liší. Proto bude tato práce zaměřena na optimalizaci výroby textilií tak, aby se znaky jakosti od sebe významně nelišili při zkoušce textilií bezprostředně po její výrobě a po definovaném čase v laboratoři. Za účelem nalezení optimálního rozdílu mezi dvěma soubory dat včetně tolerance tak, aby data získaná při laboratorní zkoušce odpovídala normě.

Sběr dat pro vypracování této diplomové práce bude probíhat přímo v průběhu výroby laminované textilie a to vždy po určité délce na již hotové (zalaminované) textilie. Další sběr dat bude probíhat následně po 24 hodinové relaxaci výrobku v laboratorních podmínkách. Na každé testované části textilie budou měřeny výše zmíněné znaky jakosti, respektive budou testovány přímo v průběhu výroby. Dále po určitém čase na stejném vzorku budou znaky jakosti měřeny znovu, ale již v laboratorních podmínkách.

Takto nasbírané soubory dat naměřených přímo v provozu, a v laboratoři budou statisticky analyzovány, a to testem hypotézy, zda se naměřená data liší či neliší. Z výroby již víme, že rozdíl mezi soubory dat je. Nelze říci, zda je tento rozdíl statisticky významný. Pokud bude rozdíl mezi soubory statisticky významný, tak v následující fázi proběhne optimalizace parametrů výrobního procesu – např. zvýšení rychlosti, snížení rychlosti, zvýšení teploty, změna tlaku výrobních válců, apod. Po optimalizaci parametrů výrobního procesu proběhne opětovný sběr dat a bude znovu provedena statistická analýza, zda nastala mezi danými soubory změna. Cílem této analýzy je nalezení

optimálního rozdílu mezi dvěma soubory dat tak, tak aby data získaná při laboratorních zkouškách splňovala normu.

Výstupem této diplomové práce by měl být optimalizovaný výrobní proces plamenné laminace, na základě kterého by firma Adient Strakonice s. r. o. byla schopna zákazníkům garantovat, že daná laminovaná textilie je jakostní.

## 1 Souhrn současného stavu

V této diplomové práci pro firmu Adient Strakonice s. r. o. je řešena regulace výrobního procesu laminované textilie pro automobilový průmysl. Níže uvedený přehled shrnuje různé studie týkající se řešené problematiky. Přehled článků představuje možnosti monitorování kvality textilií pomocí obrazové analýzy, regulačních diagramů, vývojových diagramů, či zkoušení mechanických vlastností.

V článku [1] je řešen vliv tepelného pole na vlastnosti materiálu, ze kterého je tvořena laminovaná textilie pro oděvní použití. Laminovaná textilie pro daný experiment je tvořena vnitřní vrstvou termoplastického polymeru a vnější textilní vrstvou laminátu. Vnější vrstva je pak následně změkčena teplem. Spojení těchto vrstev je zajištěno přilnavostí polymeru, teplotou polymeru, časem, který polymer stráví v tavící zóně a tlakem mezi válci, kterému je laminát následně vystaven. Sledované proměnné jsou dvě, teplota v tavící zóně a tlak válců na textilii. Střední hodnoty z měření teploty vnitřní vrstvy laminátu (polymer) a to v dvou sekundových intervalech po dobu deseti vteřin, jsou zde brány jako výsledek měření. Toto měření probíhalo se stejnou metodikou pro tři typy laminátů s vnější textilní vrstvou složenou z různých poměrů vlny a bavlny. Závěrem této práce je informace o lineární závislosti teploty vnitřní vrstvy laminátu na čase stráveném v tavící zóně.

Práce [2] se zabývá vlivem konstrukčních parametrů povrstvené tkaniny a laminované textilie na sílu do přetrhu a prodloužení. Tahová zkouška se dělá na různých typech laminátu i povrstvené tkaniny. Na každém vzorku se provádí tahová zkouška v různých směrech, celkem pěti. V experimentu je zjištěno, že tahové vlastnosti testovaných laminovaných textilií závisí nejen na strukturních vlastnostech jejich vrchní vrstvy, ale také na vrstvě polymeru a stupni jeho spojení s vrchní vrstvou. Vyhodnocení analýzy křivek napětí ukazuje tři typy deformace textilií, a to okamžitou deformaci všech vrstev textilie, jakmile je dosaženo maximální síly zatížení. U druhého typu deformace dochází k protažení přízí vrchní textilie vzorků, i po dosažení maximální síly v tahu. K třetímu typu průběhu tahové křivky došlo, jestliže došlo k oddělení vrstev vzorku textilie během tahové zkoušky. V práci bylo také zjištěno, že orientace tkaniny vrchní vrstvy má značný vliv na tahové vlastnosti zkoumaných textilií. Pro prezentaci výsledků slouží výsledky tahových zkoušek, jak při maximálním zatížení, tak po přetrhu vrstev textilie.

Kontrolou kvality uhlíkem vyztuženého kompozitu se zabývá článek [3]. Konkrétněji pojednává o prostorové distribuci uhlíkových vláken v kompozitních materiálech. Doposud byly tyto materiály popisovány na základě teoretického modelu o náhodném uspořádání vyztužujících vláken v kompozitu. Autor v experimentu uvažuje náhodnou distribuci vyztužujících vláken v tkaninách. Distribuce vláken v kompozitních materiálech následně úzce souvisí s jejich mechanickými vlastnostmi. Pro experiment byly použity teoretické distribuční funkce, které popisují náhodné bodové vzorky. Tyto teoretické křivky jsou porovnávány s distribucí uhlíkových vláken v kompozitu. Pro odhad distribuce bodového vzoru uhlíkových vláken v kompozitu byla použita tzv. *Ripleyova K- funkce*. Následující fáze experimentu zahrnuje obrazovou analýzu řezu kompozitem obsahující uhlíková vlákna. Nejprve byl zvýšen kontrast šedotónového obrazu pomocí ekvalizace histogramu obrazu přes celou škálu stupnice šedi. Po aplikaci filtrů, zvýšení kontrastu a převedení obrazu na binární obraz, byly odděleny objekty zájmu – uhlíková vlákna od pozadí. Zmíněným postupem bylo analyzováno 40 obrazů vzorku pro 3 různé druhy kompozitu vyztužených uhlíkovými vlákny. Každý z těchto vzorků prošel tedy obrazovou analýzou ve dvou fázích. Nejprve byl vzorek filtrován a následně byla vlákna oddělena od pozadí segmentací obrazu. Závěrem této studie je skutečnost, že uhlíková vlákna ve vzorcích kompozitu jsou distribuována jinak, než uvažoval původní model náhodného rozdělení. Tyto nástroje se projeví jako vhodný ukazatel pro odhad distribuce uhlíkových vláken v kompozitu.

Článek [4] se zabývá aplikací regulačních diagramů na autokorelovaný proces. V této studii jsou shrnuty možnosti aplikace regulačního diagramu s exponenciálním klouzavým průměrem (*EWMA - exponentially weighted moving average*) na daný proces. Autor zjišťuje, že autokorelovaná data mohou negativně ovlivnit vypovídající hodnotu *EWMA* diagramu, pokud jsou použity standardní kontrolní limity. Na tomto základu autor navrhuje dvě modifikace upravující standartní kontrolní limity diagramu. Na základě provedených simulací autor usuzuje, že jím provedené úpravy regulačních diagramů vedly k vytvoření robustnějších diagramů. Tyto robustnější diagramy se projeví jako více odolné vůči parametrické nejistotě a pracují na srovnatelné úrovni jako původní *EWMA* nebo lépe.

V případě studie [5] se jedná o optimalizaci procesu řízení kvality v přádelně bavlny. Prvním krokem v procesu kontroly kvality je definice, kde se ve výrobním procesu vyskytují významné změny a definování znaků jakosti příze. Pro stanovení znaků

jakosti příze byla použita analýza rozptylů jednotlivých výrobních procesů. V práci je měřeno několik znaků jakosti příze a to průměr a síla, navinutí apod. Autor následně popisoval použití čtyř a pěti faktorových analýz při testování protažení příze. Tyto více faktorové analýzy autor následně vyhodnotil jako nadbytečné a rozhodl, že plně dostačující bude tří faktorová analýza rozptylu. Výsledkem je provedení tří faktorové analýzy rozptylů měřených znaků jakosti bavlněné příze.

Práce [6] se zabývá monitorováním kvality žinylkové příze za použití regulačních diagramů. Pro hodnocení kvality žinylkové příze byla zvolena krátká vlákna, která jsou v procesu výroby příze zatkávána mezi dvě příze. Nesprávnou manipulací, utažením zmíněných dvou přízí mohou tyto krátká vlákna vypadávat, či tvořit jiné vady na povrchu příze, např. nopky, větší délka vláken apod. Autoři této práce pro řešení zmíněného problému použili obrazovou analýzu, jmenovitě její základní nástroje jako je prahování a morfologické operace. V druhé části byla získaná data z obrazové analýzy podrobena metodám statistického řízení procesu. V rámci těchto metod autoři provedli autokorelaci dat a následně k vyhodnocení dat použili přístup využívající rezidua. Autokorelace reziduí byla následně přenesena do modifikovaného regulačního diagramu *EWMA*.

Konstrukcí regulačních diagramů užitím pravděpodobnostního a fuzzy přístupu a jejich aplikací v textilní společnosti se zabývají autoři práce [7]. Autoři této studie zkombinují statistickou kontrolu kvality a teorii fuzzy množin. Fuzzy logiku a množiny autoři zvolili jako prostředek pro rozumné uvažování při rozhodnutí bez úplných a přesných informací. Na této bázi autoři zkonstruovali regulační diagramy podle fuzzy teorie, kde uvažovali, že kvalita bude vyjádřena stupni shody na rozdíl od absolutní shody. Následně autoři sestavili pro textilní společnost kontrolní diagramy s uvážením pravděpodobnosti. Autoři dospěli k závěru, po porovnání výsledků obou přístupů, že pro danou problematiku má fuzzy přístup lepší výsledky než pravděpodobnostní, při sledování kvality produktu.

V další práci [8] jsou popsány různé statistické nástroje pro posuzování kvality polykaproamidu. Použity byly vývojové diagramy (flow charts), histogramy, Shewartovy regulační diagramy, bodové diagramy a Paretovy diagramy pro analýzu variability polykaproamidu. Autor následně popisuje výhody a nevýhody výše uvedených metod. Aplikace těchto metod v průběhu výrobního procesu, se ukázala jako vhodný nástroj pro snížení variability výrobních procesů.

## 2 Rozbor současného stavu

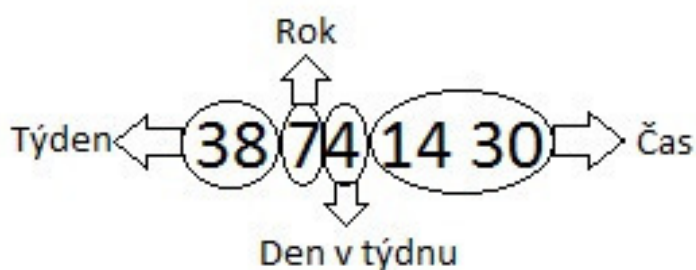
### 2.1 Výrobní proces plamenné laminace Schmitt

Výrobní proces začíná u nábalu PUR pěny, který se nachází na začátku výrobní linky (Obr. 2). Pěna je vedena do tavicí zóny vrchem výrobní linky. Pokud dojde role PUR pěny, linka se nezastavuje a dochází k odběru pěny ze zásobníku. Během tohoto odběru je na konec předešlé role PUR pěny nataven začátek nové role a odběr pěny do linky může dále pokračovat z ní.

Pohledová textilie je odebírána z role, která se nachází na lince za zásobníkem PUR pěny (Obr. 2). Odsud je odvíjena přes jehlový napínací pás, který má za úkol udržet krycí textilií v jednotné šíři. Z tohoto napínacího pásu dále pokračuje tato pohledová část laminátu do tavicí zóny.

V tavicí zóně se nachází dvě řady hořáků, které mají za úkol natavení PUR pěny. Na první řadě hořáků dochází k natavení jedné straně a připojení pohledové vrstvy laminátu. Na druhé řadě hořáků dochází k natavení druhé strany pěny a připojení podšívky. Za každou tavicí zónou se nachází chladicí válce, které mají mezi sebou nastavenou vzdálenost tak, aby zaručily dostatečné propojení vrstev. Teplota jednotlivých trysek v tavicích zónách je nastavitelná, stejně jako poměr plyn  $\times$  vzduch v hořácích. Za normálních provozních podmínek se teplota plamene trysek pohybuje kolem 1000 °C.

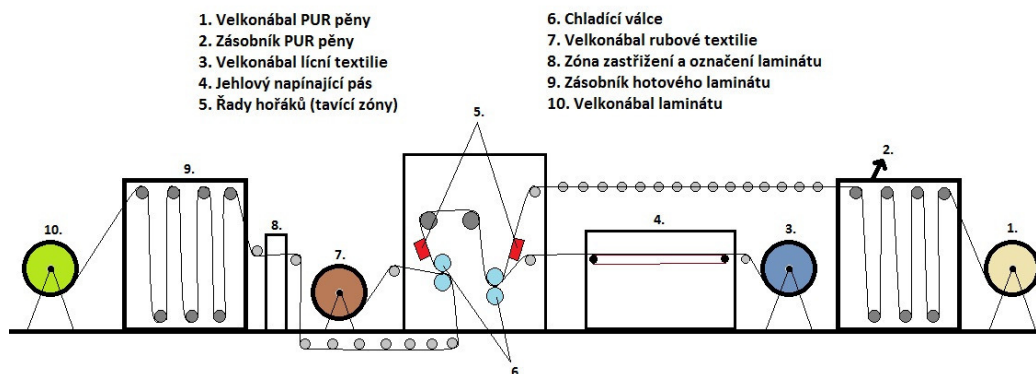
Zalaminovaný materiál pokračuje linkou dále do prostoru, kde dochází k zaříznutí krajů laminátu na požadovanou šířku. Dále dochází k navinutí laminátu na roli. Pokud zákazník nepožaduje zastřížení krajů, výsledný materiál je rovnou navinut na roli (velkonábal). Před ořezem je výsledný laminát označen kódem na rubové straně (Obr. č. 1). Každý velkonábal má různé rozměry, záleží samozřejmě na objednaném množství. Přičemž největší množství na velkonábalu se pohybuje kolem 400 m.



Obrázek č. 1: Příklad označení rubové strany laminátu



Rychlost linky při výrobě třívrstvého laminátu se pohybuje kolem 30-ti metrů laminátu za minutu.



Obrázek č. 2: Schéma linky plamenné laminace Schmitt

## 2.2 Odběr vzorků ve výrobě

Po dokončení laminace každého velkonábalu dojde k odstřížení cca. 400 mm (viz Obr. č. 6) délky laminované textilie po celé šíři velkonábalu. Po odebrání pruhu dochází k přilepení konce laminované textilie na další válec a výroba pokračuje. U odstříženého pruhu jsou nejdříve ručně otestovány okraje, zda nejsou nedolepené a následně je odebrán testovaný vzorek o rozměrech 200 mm × 50 mm ze středu odebraného pruhu. Po vystřížení testovaného vzorku je zbytek pruhu brán jako odpad a je vyhozen.

## 2.3 Testování vzorku ve výrobě

U každého odebraného vzorku ve výrobě jsou měřeny dva znaky jakosti a to tloušťka a pevnost v lpění jednotlivých vrstev. Tloušťka je měřena na standartním tloušťkoměru pod zatížením definovaným normou od příslušného zákazníka. Měřena je na třech místech testovaného vzorku a to vždy na obou krajích a veprostřed přičemž zapisovaná hodnota je průměr z těchto třech hodnot. U třívrstvého laminátu nabývá hodnota tloušťky hodnot 2-3 mm v závislosti na použité PUR pěně. Pokud je výsledná tloušťka vyšší, respektive nižší než 2-3 mm, obsluha stroje na tento fakt reaguje nejčastěji zpomalením, či zrychlením linky (zvýšení, snížení času pobytu v tavících zónách).

Pevnost v lpění jednotlivých vrstev je testována na trhačce, přičemž nejdříve je měřena pevnost v lpění pohledové vrstvy textilie a následně je měřena pevnost v lpění podšívky. Rychlost čelistí trhačky při této zkoušce je 45 mm s oboustrannou tolerancí 5 mm za 20 s. Naměřené hodnoty se pohybují v rozmezí 3-4 N. Pokud jsou tyto hodnoty nižší, respektive vyšší než tyto hodnoty, obsluha stroje reaguje na tento fakt nejčastěji zrychlením/zpomalením stroje.

## 2.4 Odběr vzorků v laboratoři

Vyrobený velkonábal hotové laminované textilie je přesunut na závěrečnou klasifikaci. Náplní této klasifikace je vizuální kontrola velkonábalu, při které dojde ke kompletnímu převinutí vyrobeného velkonábalu. Po této kontrole dojde k odstřížení vzorku laminátu pro laboratoř o plné šíři a délce přibližně jednoho metru. Tento odebraný pruh je následně přemístěn do skladu o stálé teplotě a vlhkosti, kde je po dobu 24 hodin odstaven a čeká na laboratorní testování v rámci tzv. Atestu.

Po dané době 24 hodin dojde k odebrání vzorků na Atest. Testování v rámci Atestu se liší, na základě požadavků zákazníka na výsledný produkt, proto se i odebrané vzorky liší. Nejčastěji se odebírají vzorky po pěti na každou jednotlivou zkoušku a jejich umístění v rámci šíře i délky laminátu je náhodné. Na pevnost v lpění vrstev se odebírají vzorky o rozměrech  $200\text{ mm} \times 50\text{ mm}$  a to jak ve směru útku lící textilie, tak ve směru osnovy. Plošná hmotnost a tloušťka je měřena na vzorcích ve tvaru kolečka o průměru  $110\text{ mm}$ . Dále se testuje celková pevnost přetrhu celého laminátu a to opět jak ve směru útku, tak ve směru osnovy lící textilie. Celková pevnost přetrhu je prováděna na vzorcích  $400\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ . Každý rozměr vzorků je vystřížen z laminátu pomocí formy na vzorek o příslušném rozměru a hydraulického lisu.

## 2.5 Testování vzorků v laboratoři

Vzorky jsou v laboratoři testovány na trhačce propojené s PC programem, dále na digitálním tloušťkoměru a na digitální laboratorní váze. Všechny tyto přístroje se liší od přístrojů dostupných ve výrobě.

V rámci výše zmíněného Atestu jsou příslušné vzorky testovány na celkovou pevnost v přetrhu po útku a osnově lící textilie. Dále je zkoušena pevnost v lpění jednotlivých vrstev laminované textilie a to opět v obou směrech lící textilie. Tyto testy jsou prováděny na trhačce a to podle naprogramovaných zkoušek v PC programu.

Plošná hmotnost je měřena na laboratorních vahách, které měří s přesností na tisícinu gramu. Tloušťka laminátu je testována na digitálním tloušťkoměru měřícím s přesností na setiny  $\text{mm}$ . Každý zákazník požaduje tloušťku měřit pod různým zatížením, proto před zapsáním hodnoty tloušťky se vždy čeká cca. 10 vteřin, než se hodnota tloušťky ustálí. Před každým měřením tloušťky a plošné hmotnosti operátor vždy vynuluje příslušné měřidlo.

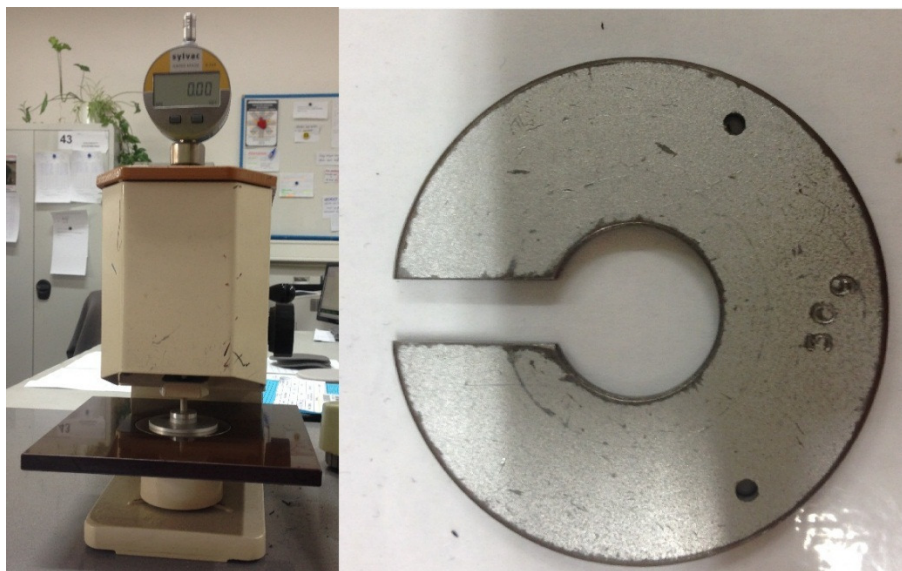
### 3 Návrh experimentu

Předmětem experimentu je laminovaná textilie složená z lící textilie, PUR pěny a rubní textilie. Lící textilie je tkanina s keprovou vazbou a rubovou textilií tvoří jemná pletenina s jednolící vazbou. Vytipováno pro tento experiment bylo 6 typů pěn s různou tloušťkou od dvou různých dodavatelů. Vzhledem k naplánované výrobě byly testovány pouze 4 typy pěn. Testovaná laminovaná textilie bude vždy vyrobena procesem plamenné laminace.

Po vyrobení laminované textilie je v rámci tzv. Atestu měřeno několik znaků jakosti. V experimentu budou sledovány pouze dva znaky jakosti, u kterých má firma Adient největší problém s dodržováním stanovených výrobních tolerancí. Prvním sledovaným znakem jakosti bude celková tloušťka laminované textilie a druhým sledovaným znakem jakosti je pevnost v lpění jak lící textilie, tak textilie rubové.

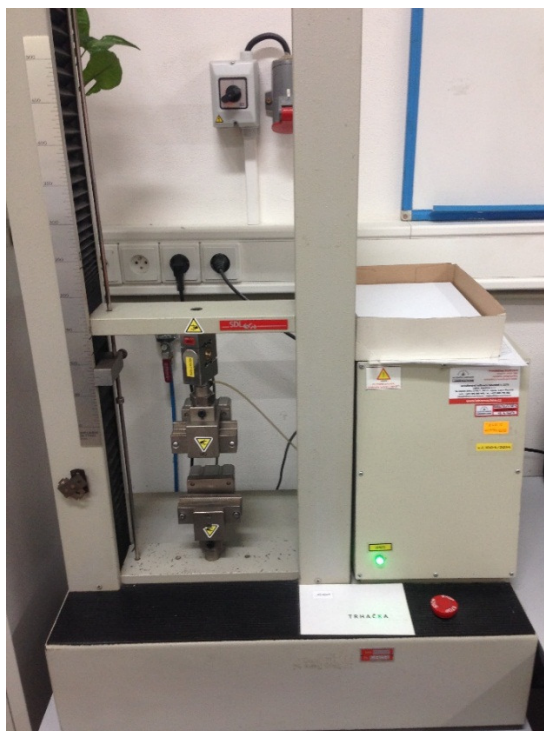
#### 3.1 Popis použitých měřicích přístrojů

Vzhledem ke sledovaným znakům jakosti budou použity dva měřicí přístroje. Prvním z přístrojů bude tloušťkoměr s úchylkoměrem Sylvac (Obr. č. 3) s maximální chybovostí  $1,8 \mu\text{m}$ . Přístroj byl vyroben roku 2002 a naposledy byl kalibrován k datu 18. 08. 2017. Použité závaží při měření bude mít podle testovací normy hmotnost 30 g.



Obrázek č. 3: Použitý tloušťkoměr s úchylkoměrem Sylvac, použité závaží

Druhým použitým přístrojem bude elektromechanický zkušební stroj („trhačka“) typu UTSE – TS2 s maximální měřicí silou 3 kN. Rozsah měření tohoto měřidla je 0-3 kN. Rok výroby tohoto stroje je 2014 a kalibrován byl k datu 18. 08. 2017.



Obrázek č. 4: Použitý elektromechanický zkušební stroj typu UTSE – TS2

### 3.2 Návrh odběru vzorků ve výrobě

V současné době je po výrobě odebírán pouze jeden vzorek. Proto bylo navrženo odebírat 8 vzorků po celé šíři laminované textilie. Odebráno bude min. 50 cm délky laminátu, z důvodu dostatku vzorků i pro laboratorní zkoušku (porovnání hodnot). Vzorky budou odebírány z výrobků, které firma Adient vyrábí ve velkém množství, aby bylo nasbíráno co nejvíce dat. K dělení těchto výrobků poslouží použitá PUR pěna. Důvodem tohoto rozhodnutí je vliv PUR pěny na oba sledované znaky jakosti. Bude se tedy jednat o výrobky obsahující šest různých PUR pěn (Tab. 1). Rozměr vzorků bude stejný jako doposud, jelikož daný rozměr je stanoven normou, tj. 200 mm × 50 mm. Každý vzorek bude popsán, aby bylo jasné, z které části šíře laminátu pochází (viz. Obr. č. 6).

Tabulka č. 1: Druhy sledovaných pěn ve výrobcích

Dodavatel pěny	Tloušťka pěny (mm)	Výrobní tolerance pěny (mm)	Tloušťka laminovaného kusu (mm)	Šířka pěny (mm)
Caligen	3.0	2.7 – 3.3	2.6 – 3.8	2060
Caligen	3.2	2.9 – 3.5	2.6 – 3.8	1830
Caligen	2.5	2.2 – 2.8	1.8 – 3.0	1830
Caligen	2.2	1.9 – 2.5	1.8 – 3.0	2060
Lamiflex	3.0	2.8 – 3.2	2.5 – 3.5	1850
Caligen	6.7	6.4 – 7.0	5.0 – 7.0	2060

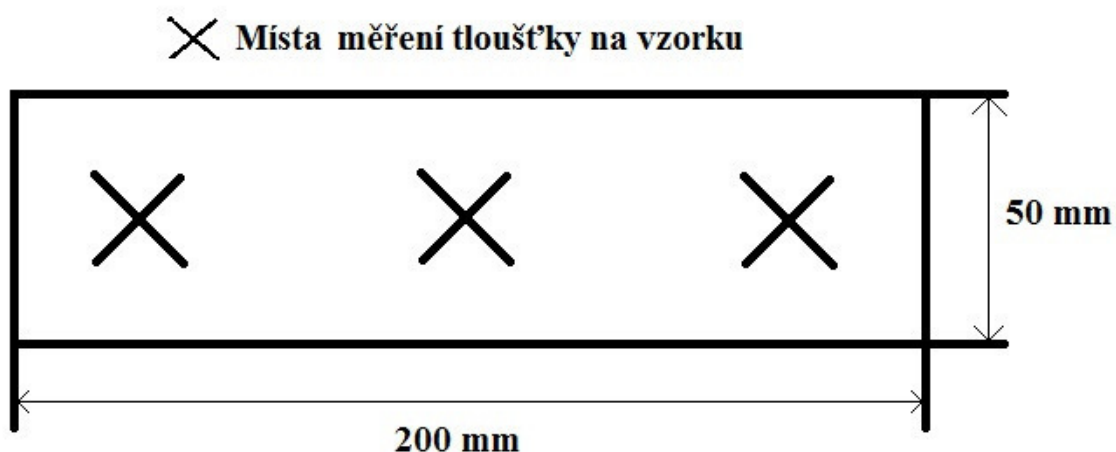
### 3.3 Návrh odběru vzorků v laboratoři

Po odebrání vzorků ve výrobě zbude pro laboratorní zkoušku pruh o celé šíři. Tento pruh bude ponechán 24 hodin na relaxaci ve stálých laboratorních podmínkách. Jakmile stanovená doba uplyne, dojde k odběru vzorků ve stejném množství jako ve výrobě (utvoření párů). Rozměr vzorků bude opět  $200\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ . Každý vzorek bude opět označen z důvodu dohledatelnosti (viz. Obr. č. 6).

### 3.4 Návrh testování vzorků ve výrobě

U každého odebraného vzorku bude měřena okamžitá tloušťka na třech místech (Obr. č. 5), na stejném přístroji (Obr. č. 3), na kterém budou vzorky testovány v laboratoři. Všechny naměřené hodnoty budou zapsány do příslušné tabulky. Při 8 odebraných vzorcích z jednoho velkonábalu se bude jednat o 24 dat tloušťky z jednoho měřeného velkonábalu.

Pevnost v lpění vrstev bude měřena na stejné trhačce (Obr. č. 4), na které bude následně prováděno i laboratorní zkouška. U každého vzorku bude měřena okamžitá pevnost v lpění obou vrstev laminátu, lící i rubová strana. Testování bude probíhat podle [9] ČSN EN ISO 2411. Jelikož se jedná o destruktivní zkoušku, bude vždy z jednoho velkonábalu měřena pevnost v lpění 8krát a to jak u rubové strany laminátu, tak i u lícové. Naměřené hodnoty budou zapsány do příslušné tabulky.

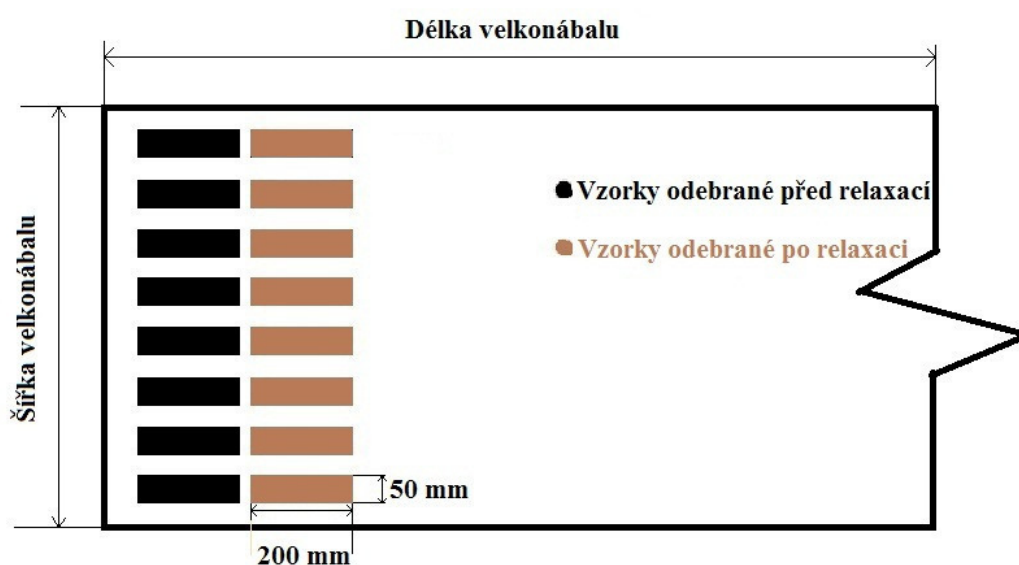


Obrázek č. 5: Místa měření tloušťky na odebraném vzorku laminované textilie

### 3.5 Návrh testování vzorků v laboratoři

Po době určené k relaxaci materiálu dojde k vystřížení vzorků a jejich následnému testování. Tloušťka bude opět měřena na třech místech (Obr. č. 5) a hodnoty budou zapsány do příslušné tabulky pod hodnoty okamžité tloušťky. K měření bude použit stejný tloušťkoměr, jaký byl použit v případě měření okamžité tloušťky.

Pevnost v lpění bude měřena na stejné trhačce jako v případě měření okamžité pevnosti v lpění. Získané hodnoty budou zapsány do tabulky pod hodnoty okamžité pevnosti v lpění vrstev.



Obrázek č. 6: Schéma odběru vzorků

## 4 Návrh testování tloušťky laminátu před relaxací

Předmětem testování naměřených dat tloušťky (popis zkoušky viz **kap. 3.3**) laminátu bude zkoumání, zda rozdíly mezi naměřenými soubory dat nejsou statisticky významné. Důvodem k tomuto testování je zjištění variability tloušťky laminátu u stejného materiálu v rámci jednoho výrobního objemu. Klíčové bude zkoumání, zda rozdíly tloušťky mezi velkonábaly stejného materiálu nejsou statisticky významné a zda se pohybují ve výrobní toleranci (viz. Tab. č. 1).

K tomuto účelu bude použita analýza rozptylu [10] (*ANOVA – Analysis Of Variance*). Nejdříve je třeba naměřená data roztrždit do tabulky dle jednotlivých úrovní podle velkonábálů z kterých byly vzorky odstřiženy. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu, že rozdíly tlouštěk velkonábálů 1-4 jsou způsobeny pouze náhodnými vlivy, tedy zda mezi tloušťkami velkonábálů 1-4 není statisticky významný rozdíl. Tloušťka vzorku je vždy měřena na třech místech (Obr. č. 5) v rámci jednoho dne a v rámci jedné šarže výrobku (stejná pěna a stejný rub i líc laminátu). Tloušťka v tomto případě je měřena bezprostředně po zalaminování.

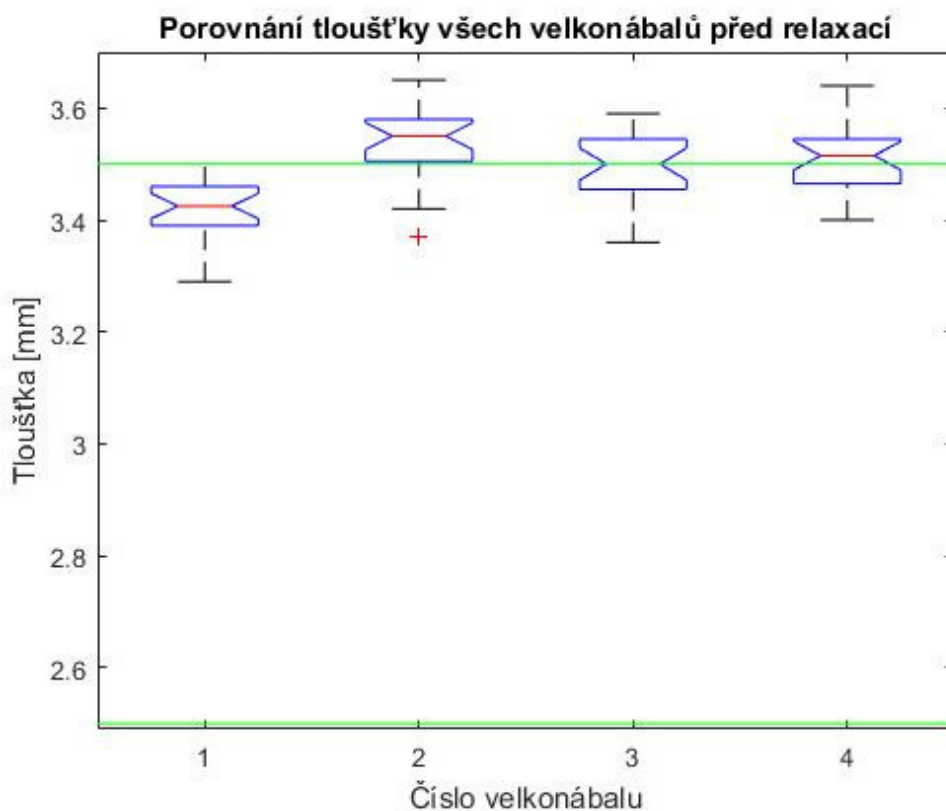
Testována bude hypotéza:  **$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$**  s alternativou  **$H_1 : \text{ne všechny } \mu_i \text{ jsou stejné (kde } i=1,2,3,4)$**  [10]. Pro představu jaké výsledky lze očekávat, graficky porovnáme jednotlivé soubory dat. Grafické porovnání bude zobrazeno formou krabicových grafů [11]. Tolerance tloušťky laminátu daná normou na základě použité pěny (viz Tab. č. 1) je reprezentována horní a dolní mezí, které jsou v grafu zobrazeny zelenou barvou.

Vypočtená hodnota testové statistiky bude porovnána s kritickou hodnotou *F-rozdělení*, která je dostupná v tabulkách. Dojde-li k zamítnutí nulové hypotézy, bude následovat mnohonásobné porovnávání [10]. Mnohonásobné porovnávání jsou statistické testy, kterými porovnááme vzájemné rozdíly mezi skupinovými středními hodnotami a posuzujeme statistickou významnost těchto rozdílů.

#### 4.1 Testování tloušťky laminátu s pěnou Lamiflex 1850 mm × 3 mm před relaxací

Tabulka č. 2: Naměřené tloušťky laminátu před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	3.43	3.50	3.47	3.52	3.55	3.62
	3.45	3.40	3.45	3.57	3.61	3.65
	3.44	3.43	3.34	3.64	3.58	3.58
	3.35	3.33	3.41	3.42	3.48	3.37
	3.41	3.41	3.42	3.50	3.51	3.50
	3.29	3.31	3.38	3.55	3.59	3.52
	3.46	3.47	3.50	3.58	3.55	3.51
Tloušťka (mm)	3. Velkonábal			4. Velkonábal		
	3.53	3.49	3.51	3.54	3.47	3.51
	3.56	3.55	3.58	3.54	3.57	3.64
	3.40	3.36	3.39	3.40	3.43	3.49
	3.50	3.53	3.47	3.43	3.43	3.49
	3.47	3.45	3.45	3.46	3.49	3.42
	3.46	3.47	3.44	3.55	3.52	3.52
	3.55	3.59	3.56	3.61	3.57	3.52
	3.50	3.54	3.54	3.58	3.53	3.47



Obrázek č. 7: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm



Z grafu je patrné, že vrub mediánu u prvního velkonábalu se nepřekrývá s ostatními, intervalový odhad mediánu tloušťky tohoto velkonábalu se zřejmě liší od ostatních velkonábalů, lze tedy očekávat zamítnutí nulové hypotézy. Zároveň je rovněž patrné, že tloušťka prvního měřeného velkonábalu je jediná v toleranci tloušťky a to na horní hranici.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	0.19971	3	0.06657	17.38	5.08763e-09
Error	0.35247	92	0.00383		
Total	0.55218	95			

Obrázek č. 8: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

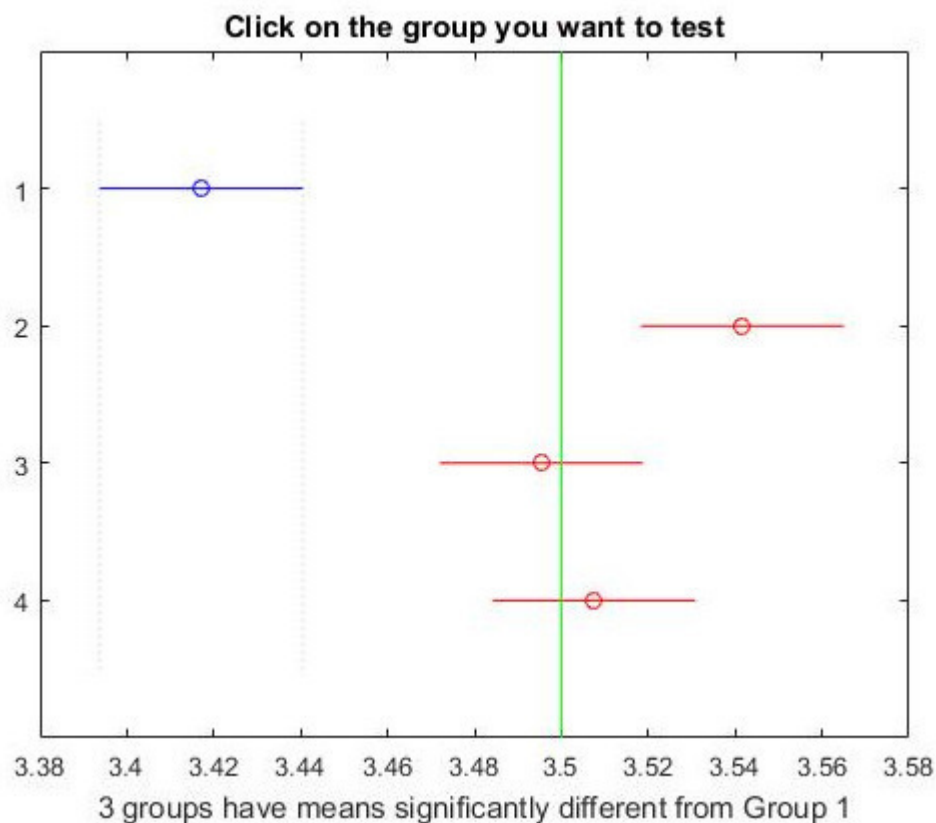
V tomto případě testová statistika nabývá hodnoty vyšší než příslušná kritická hodnota, na hladině spolehlivosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že tloušťka jednotlivých velkonábalů není shodná. Tímto byla potvrzena domněnka o zamítnutí nulové hypotézy, neplatí tedy tvrzení, že střední hodnota tloušťky velkonábalů je stejná.

#### 4.1.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 3: Výsledky vícenásobného porovnávání, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Porovnáváné velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	0.1713	0.1246	0.0778	6.5248e-9
1	3	0.1251	0.0783	0.0316	1.7912e-4
1	4	0.1372	0.0904	0.0437	1.2589e-5
2	3	0.0005	0.0462	0.0930	0.0536
2	4	0.0126	0.0342	0.0809	0.2301
3	4	0.0588	0.0121	0.0347	0.9058

Z tabulky výše je patrný statisticky významný rozdíl středních hodnot tloušťky prvního velkonábalu oproti ostatním třem. Tento rozdíl je lépe patrný na grafu níže (Obr.č. 9). Zeleně je v grafu znázorněna horní výrobní tolerance pro daný druh materiálu. Dolní toleranční mez není zobrazena pro přehlednost grafu.



Obrázek č. 9: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu  
oproti ostatním, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

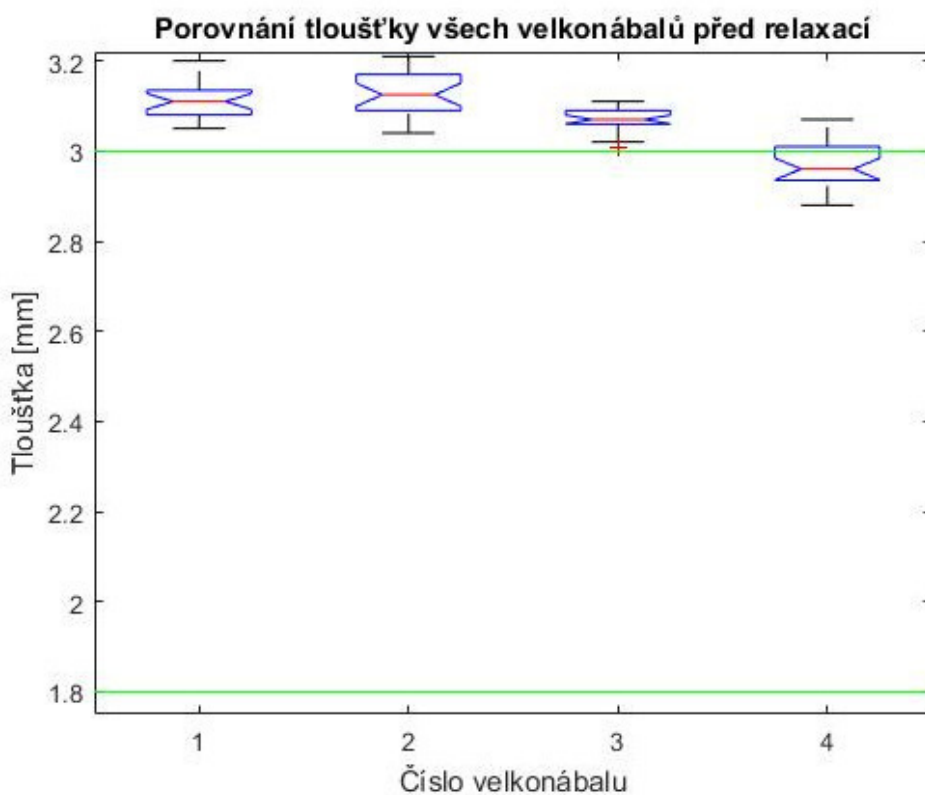
#### 4.1.2 Zhodnocení zkoušky tloušťky pro, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Výsledkem testování je fakt, že střední hodnoty tloušťky jednotlivých velkonábalů se liší. Na základě vícenásobného porovnání bylo zjištěno, že naměřené hodnoty tloušťky 1. velkonábalu se statisticky významně liší oproti zbylým třem, ale jsou jediné ve výrobní toleranci. Oproti tomu tloušťka velkonábalů 2, 3, 4 se mezi sebou statisticky významně neliší, nabývají však hodnoty na horní hranici výrobní tolerance.

## 4.2 Testování tloušťky laminátu s pěnou Caligen 1830 mm × 2.5 mm před relaxací

Tabulka č. 4: Naměřené tloušťky laminátu po výrobě, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	3.06	3.08	3.07	3.20	3.16	3.13
	3.11	3.12	3.09	3.20	3.12	3.10
	3.20	3.16	3.18	3.21	3.20	3.13
	3.13	3.14	3.11	3.18	3.18	3.12
	3.14	3.12	3.09	3.13	3.12	3.15
	3.18	3.11	3.10	3.05	3.15	3.09
	3.08	3.12	3.09	3.06	3.09	3.04
Tloušťka (mm)	3. Velkonábal			4. Velkonábal		
	3.09	3.07	3.05	2.89	2.94	3,00
	3.01	3.02	3.06	3.01	2.96	2.91
	3.06	3.06	3.09	2.91	2.94	3.02
	3.05	3.07	3.06	2.96	3,00	3.07
	3.07	3.10	3.10	3.06	2.94	2.93
	3.10	3.09	3.09	2.97	3.01	3.06
	3.10	3.06	3.06	2.95	3.00	3.02
	3.11	3.09	3.06	2.88	2.91	2.96



Obrázek č. 10: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Z grafu je patrné, že vrub mediánu u prvních třech velkonábalů se překrývají, intervalový odhad mediánu tloušťky čtvrtého těchto velkonábalů se zřejmě liší od ostatních velkonábalů, lze tedy očekávat zamítnutí nulové hypotézy. Zároveň je rovněž patrné, že tloušťka čtvrtého měřeného velkonábalu je jediná v toleranci tloušťky a to na horní hranici.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	0.35062	3	0.11687	58.38	3.17719e-21
Error	0.18418	92	0.002		
Total	0.5348	95			

Obrázek č. 11: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

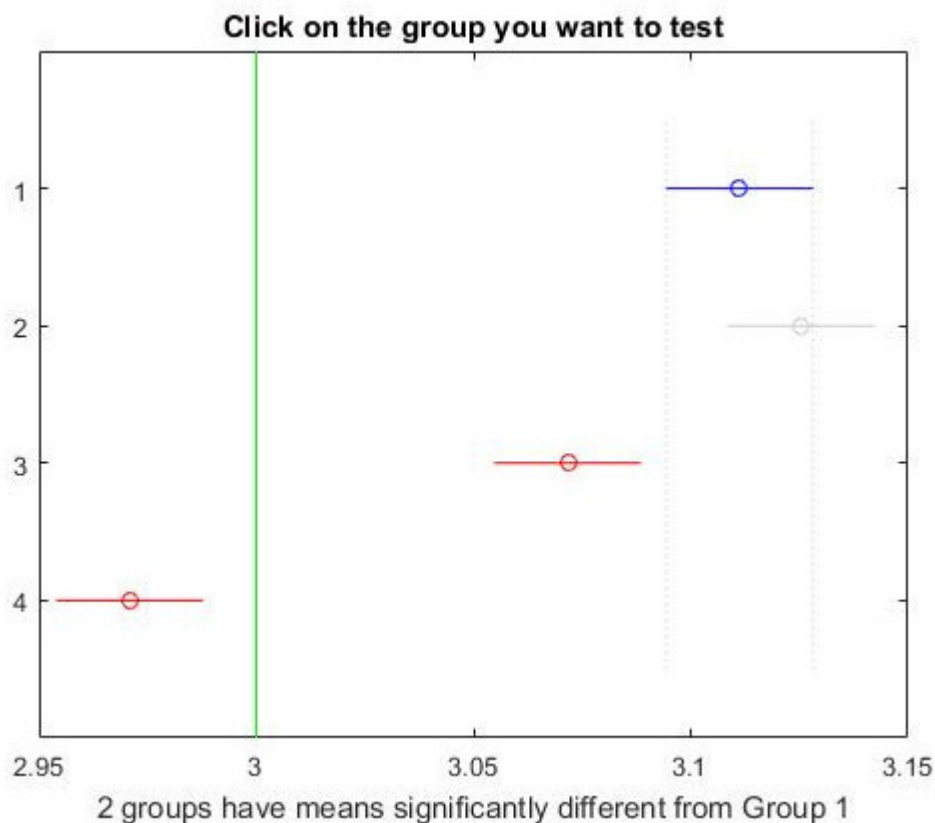
V tomto případě testová statistika nabývá hodnoty vyšší než příslušná kritická hodnota, na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že tloušťka jednotlivých velkonábalů není shodná. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o nerovnosti středních hodnot tloušťky jednotlivých velkonábalů.

#### 4.2.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 5: Výsledky vícenásobného porovnávání, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Porovnáváné velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-0.0480	-0.0142	0.0196	0.6924
1	3	0.0058	0.0396	0.0734	0.0149
1	4	0.1066	0.1404	0.1742	3.7682e-09
2	3	0.0200	0.0537	0.0875	4.0779e-04
2	4	0.1208	0.1546	0.1884	3.7682e-09
3	4	0.0670	0.1008	0.1346	3.8216e-09

Z tabulky výše je patrné, že jediný statisticky nevýznamný rozdíl je mezi tloušťkou prvního a druhého velkonábalu (viz. Obr. č. 12). Zeleně je v grafu znázorněna horní výrobní tolerance pro daný druh materiálu. Dolní toleranční mez není zobrazena pro přehlednost grafu.



Obrázek č. 12: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu  
oproti ostatním, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

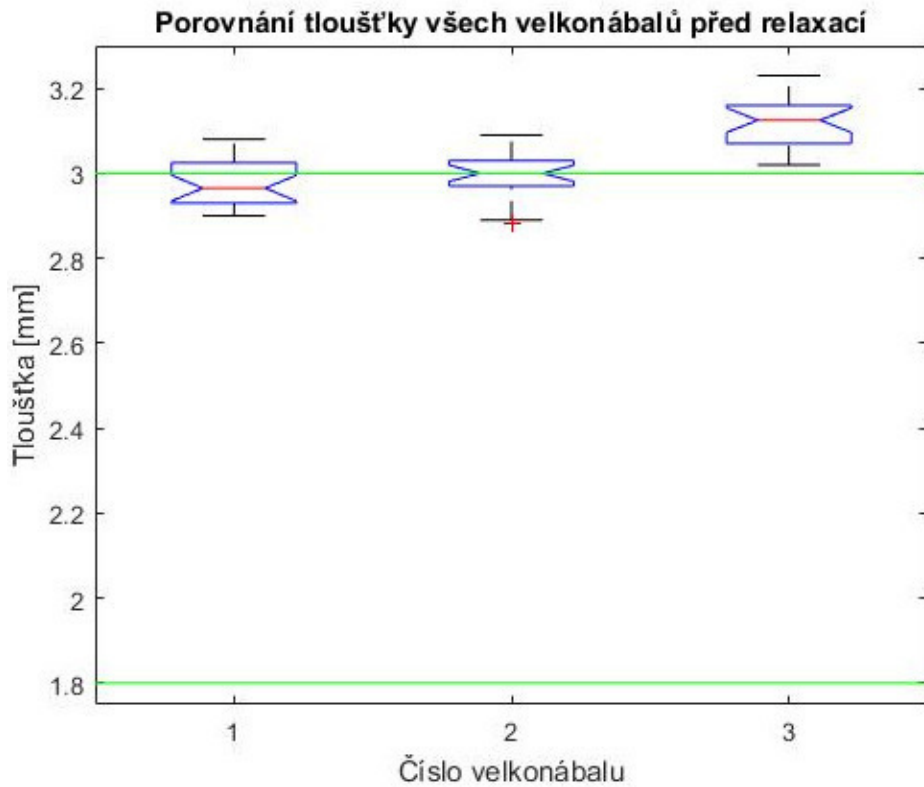
#### 4.2.2 Zhodnocení testu tloušťky pro Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Výsledkem testování je fakt, že střední hodnoty tloušťky se u jednotlivých velkonábalů liší. Na základě vícenásobného porovnání bylo zjištěno, že naměřené hodnoty tloušťky 3. a 4. velkonábalu se statisticky významně liší oproti zbylým dvěma velkonábalům, ale jsou jediné ve výrobní toleranci. Oproti tomu tloušťka velkonábalů 1. a 2. se mezi sebou statisticky významně neliší. Tloušťka 4. velkonábalu je oproti ostatním jediná ve výrobní toleranci.

### 4.3 Testování tloušťky laminátu s pěnou Caligen 2060 mm × 2,2 mm před relaxací

Tabulka č. 6: Naměřené tloušťky laminátu po výrobě, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	2.96	2.97	2.94	3.03	3.01	3.01
	3.02	3.00	3.04	3.09	3.06	3.05
	3.08	3.02	3.04	3.02	3.00	3.00
	3.03	3.04	3.06	3.06	3.06	2.97
	2.93	2.90	2.92	2.97	2.98	2.89
	2.99	2.94	2.92	2.98	2.96	3.00
	2.93	2.96	2.98	3.00	3.03	2.99
	2.94	2.92	2.92	2.97	2.96	2.88
Tloušťka (mm)	3. Velkonábal					
	3.04	3.05	3.05			
	3.14	3.11	3.13			
	3.20	3.16	3.23			
	3.14	3.16	3.15			
	3.13	3.21	3.11			
	3.09	3.18	3.10			
	3.12	3.17	3.12			
	3.02	3.05	3.04			



Obrázek č. 13: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Testovaná bude hypotéza:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  s alternativou  $H_1 : \text{ne všechny } \mu_i \text{ jsou stejné (kde } i=1,2,3)$  [10]. Oproti předchozím testům na tloušťku tento soubor dat obsahuje pouze tři role a to z důvodu menšího objemu výroby daného laminátu.

Z krabicových grafů (Obr. č. 13) s vrubem je patrné, že vruby prvních dvou velkonábalů se překrývají, lze tedy předpokládat, že se od sebe statisticky významně neliší. Vrub třetího grafu je mimo předchozí dva, intervalový odhad mediánu třetího velkonábalu se bude tedy pravděpodobně lišit od předchozích dvou. Nulová hypotéza bude tedy i v tomto případě pravděpodobně zamítnuta. První dvě role, jak vyplývá z grafu, se opět nacházejí na horní hranice tolerance a třetí je mimo výrobní tolerance.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	0.2883	2	0.14415	50.1	3.63848e-14
Error	0.19854	69	0.00288		
Total	0.48684	71			

Obrázek č. 14: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

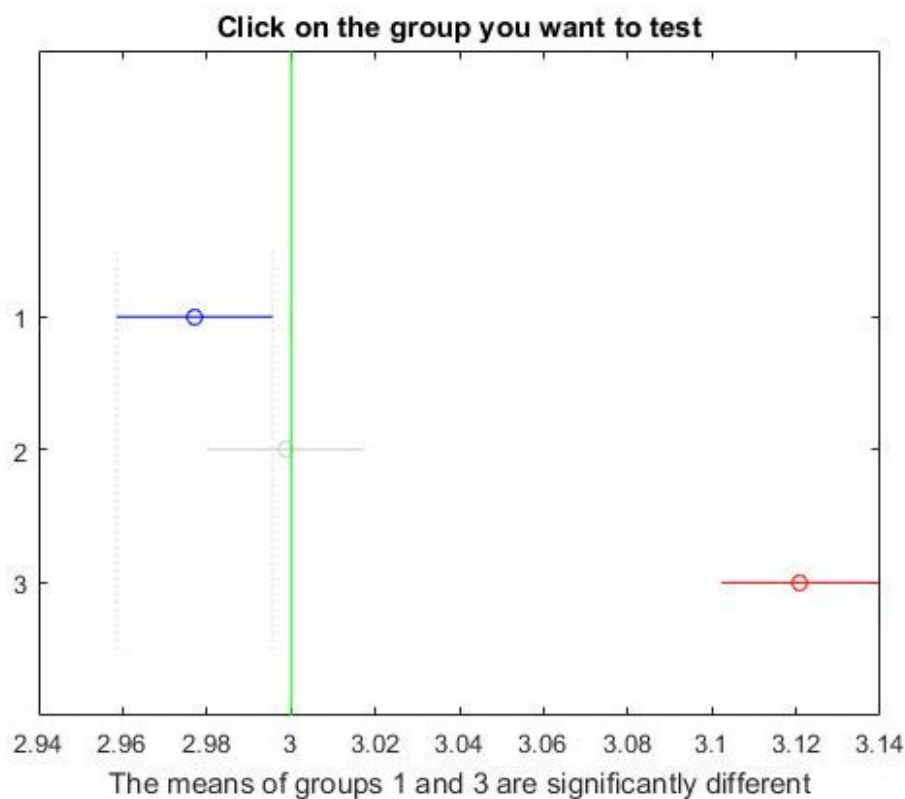
Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že tloušťka jednotlivých velkonábalů není shodná. Nulová hypotéza se tedy zamítá. Pro zjištění, mezi kterými  $\mu_i$  je statisticky významný rozdíl je nutno opět provést mnohonásobné porovnávání.

#### 4.3.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 7: Výsledky vícenásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Porovnávané velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-0.0588	-0.0217	0.0154	0.3469
1	3	-0.1808	-0.1437	-0.1067	9.5634e-10
2	3	-0.1592	-0.1221	-0.0850	1.0532e-9

Z tabulky vícenásobného porovnávání je patrné, že střední hodnoty prvních dvou velkonábalů se na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  liší oproti střední hodnotě tloušťky třetího velkonábalu. Zeleně je v grafu znázorněna horní výrobní tolerance pro daný druh materiálu. Dolní toleranční mez není zobrazena pro přehlednost grafu.



Obrázek č. 15: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu  
oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

#### 4.3.2 Zhodnocení testu tloušťky pro Caligen 2060 mm × 2,2 mm

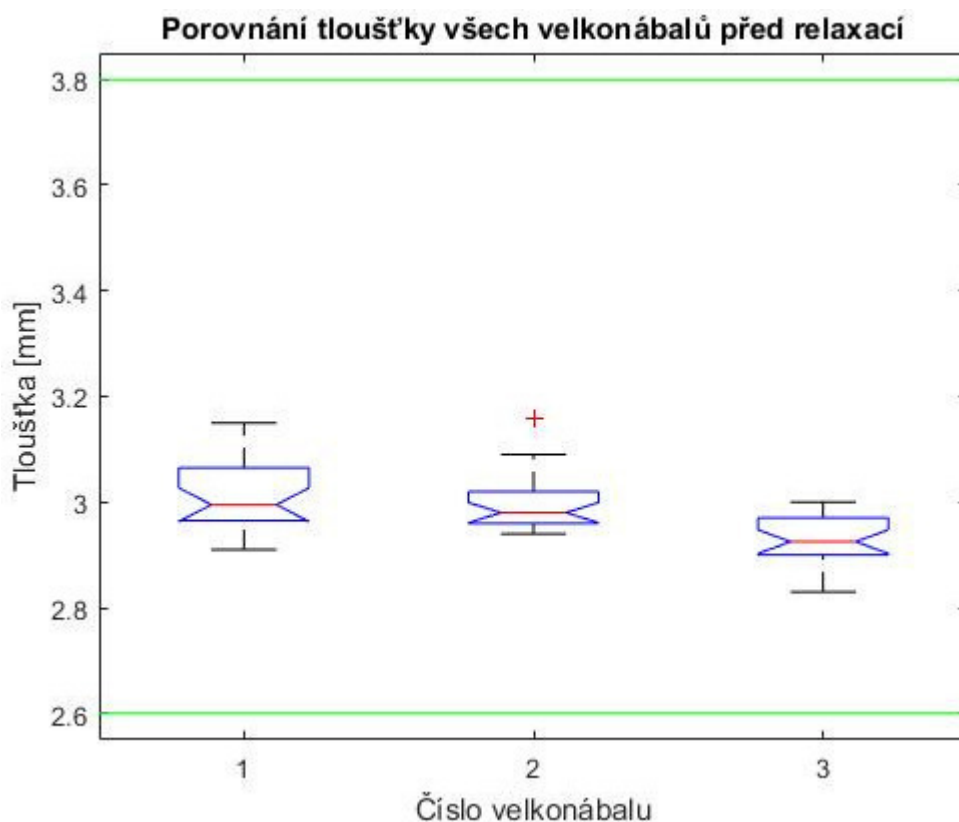
Test opět prokázal rozdílnost střední hodnoty tloušťky jednotlivých velkonábalů. Tentokrát se tloušťka třetího měřeného velkonábalu statisticky významně liší oproti tloušťce prvních dvou velkonábalů. Rovněž se tato naměřená tloušťka třetího velkonábalu nenachází ve výrobní toleranci tloušťky. Tloušťka prvního a druhého velkonábalu se nachází na horní toleranci výrobní normy.



#### 4.4 Testování tloušťky laminátu s pěnou Caligen 2060 mm × 3 mm

Tabulka č. 8: Naměřené tloušťky laminátu po výrobě, Caligen 2060 mm × 3 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	3.09	3.06	3.08	3.01	3.08	3.16
	2.93	2.91	2.94	2.94	2.97	2.98
	2.98	2.98	2.95	2.95	2.96	2.96
	2.94	2.99	3.00	2.94	2.96	2.99
	2.97	2.96	2.97	2.97	2.98	3.00
	3.03	3.07	3.08	2.97	2.98	3.03
	3.03	3.08	3.15	3.04	3.03	3.09
Tloušťka (mm)	2.97	3.04	3.06	2.94	2.94	3.01
	3. Velkonábal					
	2.90	2.97	2.97			
	2.83	2.91	2.91			
	2.90	2.93	2.92			
	2.87	2.89	2.87			
	2.92	2.93	2.90			
	2.95	2.99	3.00			
	2.95	2.99	2.99			
Tloušťka (mm)	2.92	2.97	2.95			



Obrázek č. 16: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 3 mm

Testovaná bude hypotéza:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$  s alternativou  $H_1 : \text{ne všechny } \mu_i \text{ jsou stejné (kde } i=1,2,3)$  [10]. Oproti předchozím testům na tloušťku tento soubor dat obsahuje pouze tři role a to z důvodu menšího objemu výroby daného laminátu.

Z krabicového grafu je patrné, že vruby mediánů jednotlivých velkonábalů se nepřekrývají. A to konkrétně u 3. velkonábalu a zbylých dvou velkonábalů.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	9.9225	2	4.96125	9.44	0.0012
Error	11.0375	21	0.5256		
Total	20.96	23			

Obrázek č. 17: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 3 mm

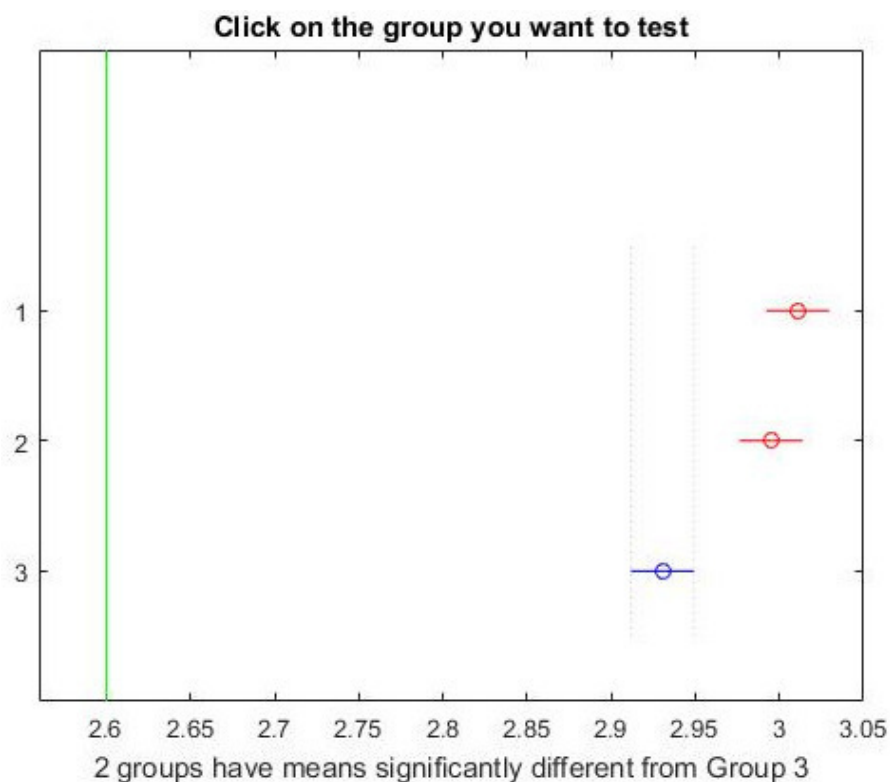
Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině  $\alpha=0,05$  můžeme říci, že tloušťka jednotlivých velkonábalů není shodná. Nulová hypotéza se tedy zamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o nerovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábalů. Jelikož zamítáme nulovou hypotézu, je třeba provést mnohonásobné porovnávání.

#### 4.4.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 9: Výsledky vícenásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 3 mm

Porovnávané velkonábalý		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-0.0217	0.0158	0.0534	0.5731
1	3	-0.0429	0.0804	0.1180	7.5385e-6
2	3	-0.0270	0.0646	0.1021	3.0262e-4

Z tabulky vícenásobného porovnávání je patrné, že střední hodnoty prvních dvou velkonábalů se na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  liší oproti střední hodnotě tloušťky třetího velkonábalu. Zeleně je v grafu znázorněna dolní výrobní tolerance pro daný druh materiálu. Horní toleranční mez není zobrazena pro přehlednost grafu.



Obrázek č. 18: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu  
oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 3 mm

#### 4.4.2 Zhodnocení testu tloušťky pro Caligen 2060 mm × 3 mm

Na základě výsledků navrženého testu došlo ke zjištění, že tloušťka měřených velkonábalů se v průběhu výroby jednotlivých velkonábalů mění. A to konkrétně tloušťka třetího měřeného velkonábalu se lišila od dalších dvou měřených.

Dále bylo zjištěno, že jednotlivé naměřené hodnoty tloušťky každého měřeného velkonábalu, se pohybují ve výrobní toleranci a to téměř ve středu této tolerance.

## 5 Návrh testování tloušťky velkonábalů před a po relaxaci

Předmětem testování naměřených dat tloušťky laminátu bude zkoumání, zda rozdíly mezi naměřenými soubory dat nejsou statisticky významné. Důvodem k tomuto testování je zjištění variability tloušťky laminátu u stejného materiálu v rámci jednoho výrobního objemu. K porovnávání použijeme dvě skupiny dat pro každý velkonábal. První skupinou budou data naměřená bezprostředně po zalaminování (Tab č. 2). Druhá skupina dat se oproti předchozímu testu liší v tom, že byla měřena po normou stanovené době na relaxaci materiálu, tj. 24 hod. Odběr vzorků a měření probíhalo podle již vymezených pravidel (Obr. č. 6)

Vzhledem ke způsobu odběru vzorků a naměřených dat byl pro tento test zvolen *dvouvýběrový t-test* [10]. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  testujeme hypotézu, že relaxace materiálu předepsaná normou má statisticky významný vliv na výslednou tloušťku materiálu.

Pro správnost výsledku *dvouvýběrového t-testu* je nutné nejdříve provést *F-test* [10] (test rozdílů dvou rozptylů). Tento test je pouze zanesen ve skriptu v programu MATLAB. Došlo-li k nerovnosti rozptylů obou souborů dat, byly tyto soubory následně testovány *dvouvýběrovým*, který předpokládá nerovnost rozptylů obou souborů dat.

Testována bude hypotéza:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  s alternativou  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ , a to pro všechny páry souborů dat (velkonábaly). Testová statistika pro tento případ rovnosti rozptylů [10]:

$$T = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 \cdot (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}}$$

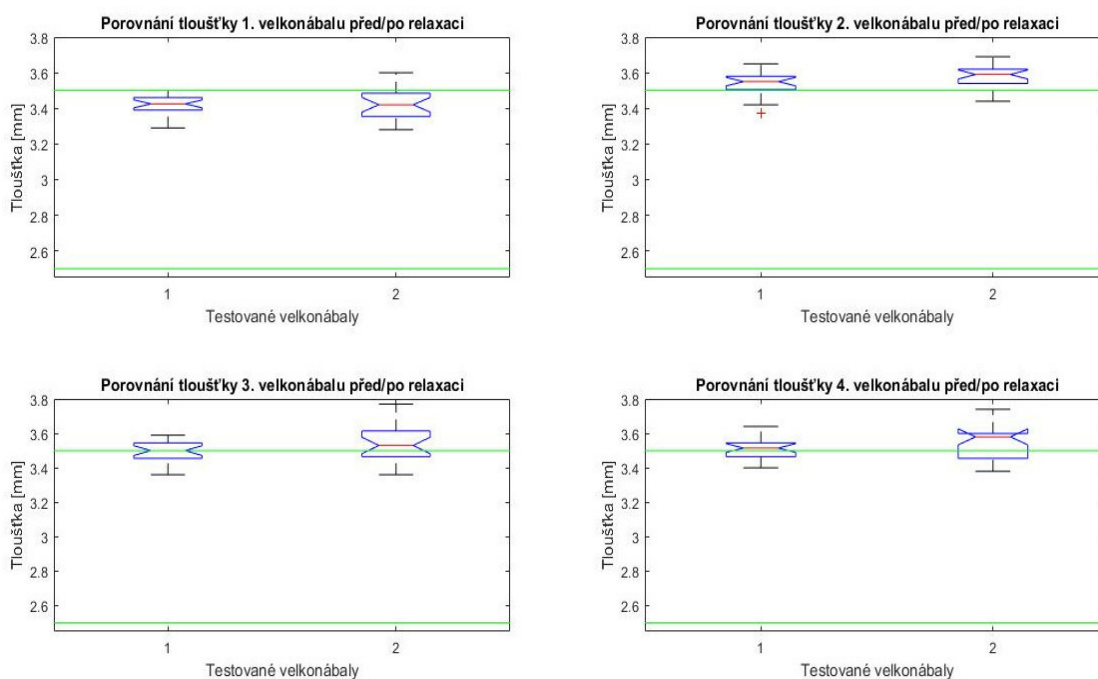
kde  $\bar{X}_1$ ,  $\bar{X}_2$  jsou výběrové průměry,  $S_1^2$  a  $S_2^2$  jsou výběrové rozptyly,  $n_1$  a  $n_2$  jsou rozsahy 1. a 2. výběru. Kritická hodnota  $t_{n_1+n_2-2}(\mathbf{p})$ , kde  $\mathbf{p} = (1 - \frac{\alpha}{2})$ , se určí z tabulek Studentova rozdělení. Pokud bude platit stav níže, dojde k zamítnutí nulové hypotézy a přijmutí alternativní.

$$|T| > t_{n_1+n_2-2}(\mathbf{p}), \mathbf{p} = (1 - \frac{\alpha}{2})$$

## 5.1 Testování dat tloušťky, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Tabulka č. 10: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	3.54	3.54	3.56	3.69	3.59	3.64
	3.49	3.46	3.47	3.62	3.62	3.64
	3.60	3.52	3.48	3.66	3.60	3.60
	3.42	3.45	3.45	3.59	3.59	3.61
	3.32	3.28	3.36	3.54	3.55	3.63
	3.38	3.36	3.39	3.54	3.56	3.61
	3.35	3.37	3.41	3.47	3.47	3.54
Tloušťka (mm)	3. Velkonábal			4. Velkonábal		
	3.63	3.64	3.60	3.58	3.59	3.60
	3.58	3.57	3.57	3.62	3.60	3.63
	3.55	3.58	3.67	3.60	3.63	3.74
	3.63	3.64	3.77	3.58	3.59	3.62
	3.50	3.47	3.51	3.59	3.55	3.46
	3.48	3.46	3.48	3.55	3.47	3.45
	3.36	3.43	3.47	3.50	3.44	3.38
Tloušťka (mm)	3. Velkonábal			4. Velkonábal		
	3.41	3.43	3.40	3.44	3.45	3.42



Obrázek č. 19: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Pro zobrazení naměřených dat tloušťky byly zvoleny krabicové grafy s vrubem [12]. Vzhledem k tomu, že se vruby ve všech případech překrývají, lze předpokládat nezamítnutí nulové hypotézy ve všech případech.

Tabulka č. 11: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Porovnávání velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > t <sub>m+n-2</sub> (1-α/2)
1.před × 1.po	46	0.0748	2.317	-0.3474	0.3474	Nezamítáme H0
2.před × 2.po	46	0.0667	2.317	-1.6223	1.6223	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	46	0.0833	2.317	-1.6293	1.6293	Nezamítáme H0
4.před × 4.po	46	0.0764	2.317	-1.7005	1.7005	Nezamítáme H0

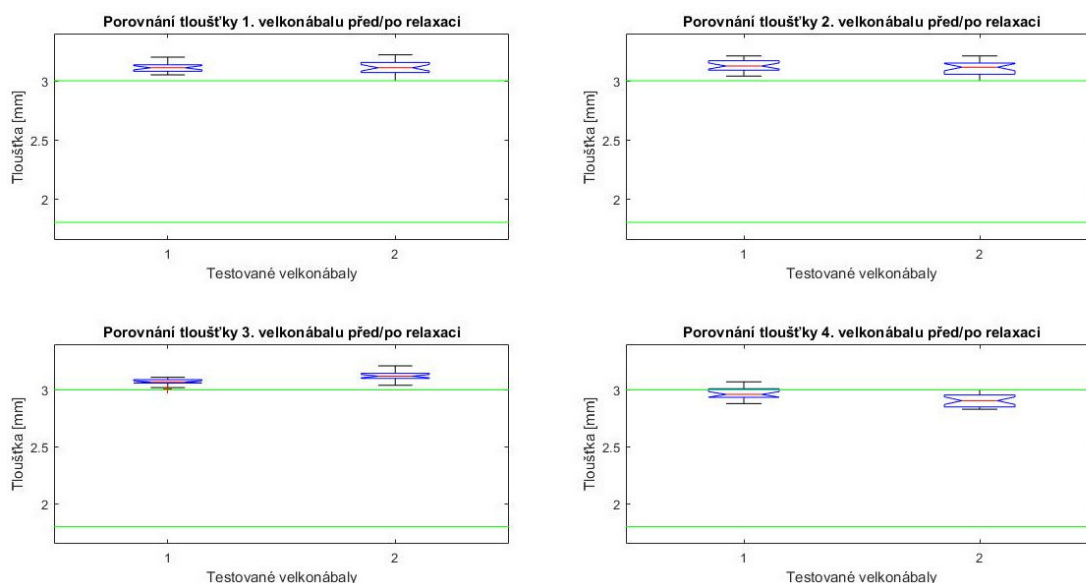
### 5.1.1 Zhodnocení testu tloušťky před a po relaxaci, Lamiflex 1850 mm×3 mm

Testem byla prokázáno, že pro tento výrobek nemá relaxační doba vliv na výslednou tloušťku laminátu. Ve všech případech došlo k nezamítnutí nulové hypotézy, na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  tedy není statisticky významný rozdíl mezi jednotlivými soubory dat. Oba soubory dat pro každý velkonábal, před i po relaxaci se nacházejí na horní výrobní toleranci.

### 5.2 Testování tloušťky, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Tabulka č. 12: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	3.11	3.13	3.20	3.15	3.11	3.12
	3.12	3.08	3.10	3.16	3.11	3.17
	3.17	3.17	3.22	3.12	3.08	3.10
	3.05	3.03	3.00	3.14	3.16	3.15
	3.06	3.06	3.05	3.05	3.06	3.14
	3.14	3.16	3.15	3.15	3.21	3.18
	3.10	3.15	3.16	3.10	3.00	3.05
Tloušťka (mm)	3.11	3.11	3.11	3.05	3.05	3.04
	3. Velkonábal			4. Velkonábal		
	3.10	3.11	3.05	2.89	2.83	2.83
	3.05	3.05	3.04	2.86	2.85	2.85
	3.10	3.08	3.13	2.83	2.85	2.86
	3.14	3.10	3.17	2.98	2.99	2.88
	3.15	3.15	3.14	2.85	2.93	2.92
	3.16	3.21	3.18	2.94	2.96	3.00
Tloušťka (mm)	3.12	3.13	3.11	2.92	2.96	2.98
	3.11	3.12	3.12	2.89	2.94	2.95



Obrázek č. 20: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Z krabicových grafů je vizuálně patrné, že vruby prvních dvou velkonábalů se překrývají. Lze tedy říci, že v tomto případě nebudeme zamítat nulovou hypotézu. Oproti tomu grafy velkonábalů 3 a 4, respektive vruby těchto grafů se nepřekrývají. Je možné předvídat zamítnutí nulové hypotézy.

Tabulka č. 13: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Porovnávané velkonábalý	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	46	0.0479	2.317	-0.2110	0.2110	Nezamítáme H0
2.před × 2.po	46	0.0532	2.317	0.9763	0.9763	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	46	0.0353	2.317	-4.4953	4.4953	Zamítáme H0
4.před × 4.po	46	0.0553	2.317	4.0733	4.0733	Zamítáme H0

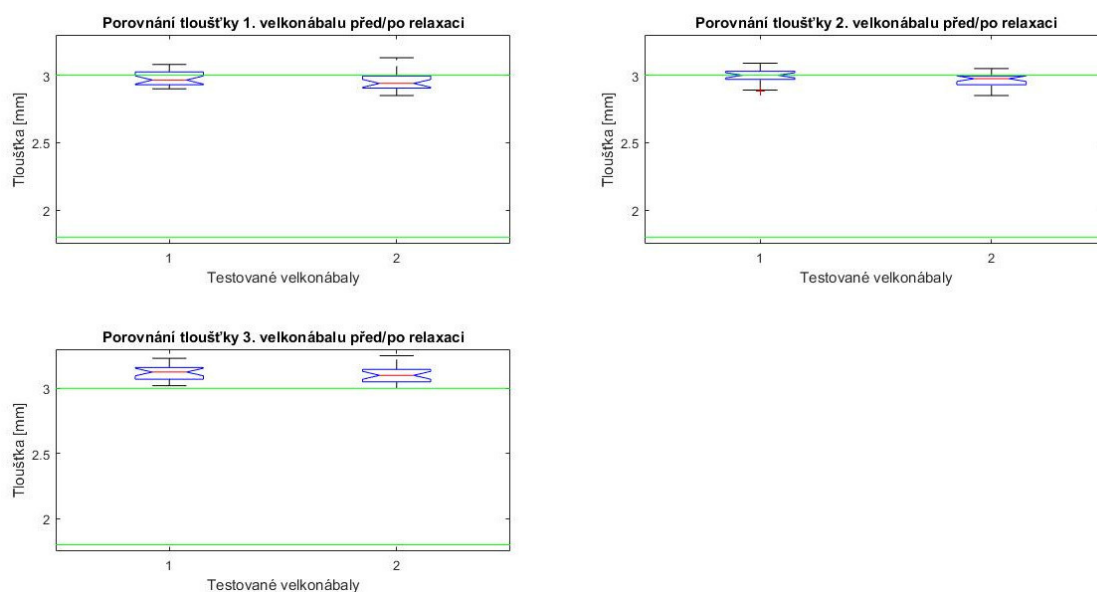
### 5.2.1 Zhodnocení testu tloušťky před a po relaxaci, Caligen 1830 mm×2,5 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na tloušťku výsledného materiálu a to konkrétně u velkonábalů 3 a 4. Je rovněž zajímavé, že tloušťka 4. velkonábalu po relaxaci degradovala. U velkonábalů 1 a 2 se vliv relaxace na tloušťku neprokázal. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že veškeré hodnoty naměřené tloušťky se vyskytují na horní hranici výrobní tolerance.

### 5.3 Testování tloušťky, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Tabulka č. 14: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	2.93	2.94	2.96	2.99	3.00	3.01
	2.99	2.96	3.00	3.05	3.01	3.04
	3.01	3.04	3.08	2.93	2.99	2.99
	2.98	3.02	3.13	2.95	3.00	2.98
	2.92	2.85	2.87	2.92	2.93	2.94
	2.91	2.88	2.87	2.92	2.99	2.97
	2.98	2.94	2.91	2.96	2.98	2.93
	2.92	2.88	2.90	2.85	2.96	2.88
Tloušťka (mm)	3. Velkonábal					
	3.00	3.01	3.05			
	3.13	3.08	3.11			
	3.25	3.17	3.16			
	3.18	3.17	3.11			
	3.09	3.15	3.05			
	3.06	3.10	3.02			
	3.10	3.14	3.11			
	3.05	3.06	3.03			



Obrázek č. 21: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Krabicové grafy s vrubem odhalily, že vruby u 1. a 3. velkonábalu se překrývají. U těchto dvou velkonábalů se dá odhadnout nezamítnutí testované nulové hypotézy. Oproti tomu vruby grafu tloušťky druhého velkonábalu před a po relaxaci se viditelně nepřekrývají, předpokladem tedy bude zamítnutí nulové hypotézy. Dodržení tolerance tloušťky platí pro první a druhý velkonábal, přičemž se hodnoty opět vyskytují na horní



toleranci. Tloušťka třetího velkonábalu se pohybuje nad horní toleranci, která je daná normou.

Tabulka č. 15: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Porovnávání velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	46	0.0621	2.317	1.3489	1.3489	Nezamítáme H0
2.před × 2.po	46	0.0486	2.317	2.3780	2.3780	Zamítáme H0
3.před × 3.po	46	0.0599	2.317	1.2533	1.2533	Nezamítáme H0

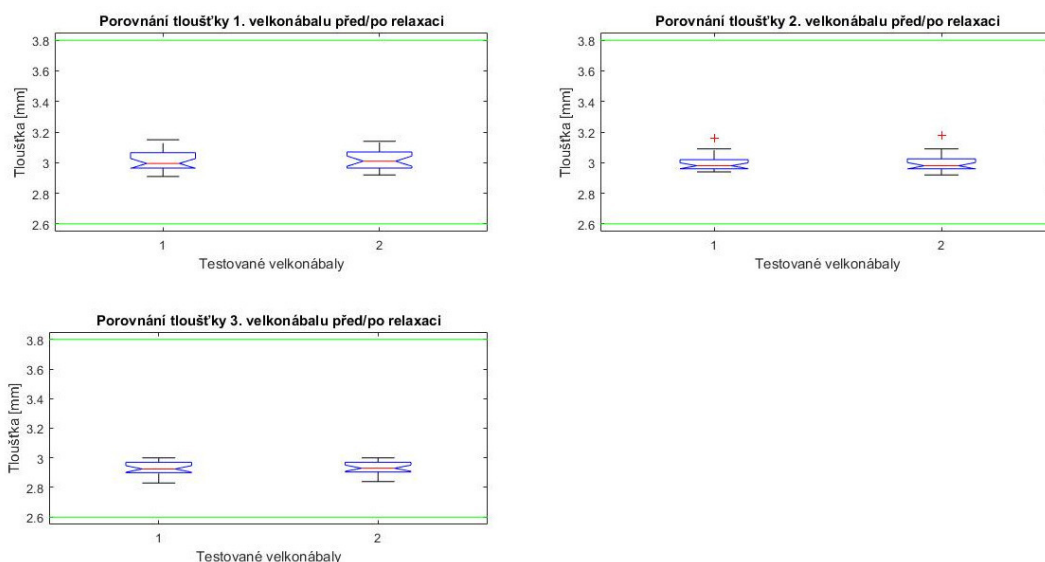
### 5.3.1 Zhodnocení testu tloušťky před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

V případě tohoto výrobku má relaxace vliv pouze na tloušťku velkonábalu č. 2. U zbylých dvou velkonábalů, dle testové statistiky, nemá relaxace vliv na tloušťku laminátu. Testování dat tloušťky nám opět odhalilo, že tloušťka velkonábalů 1 a 2 se nachází na horní toleranci tloušťky dané normou. Tloušťka třetího velkonábalu se nachází mimo normu, a to nad horní toleranci daného výrobku dané normou.

### 5.4 Testování tloušťky, Caligen 2060 mm × 3 mm

Tabulka č. 16: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm

Tloušťka (mm)	1. Velkonábal			2. Velkonábal		
	3.11	3.07	3.09	3.02	3.07	3.18
	2.96	2.92	2.94	2.96	2.96	3.00
	3.02	2.96	2.94	2.97	2.95	2.98
	2.96	2.97	2.98	2.97	2.95	3.00
	3.00	2.97	2.98	2.98	2.96	3.00
	3.04	3.05	3.07	2.97	2.96	3.03
	3.05	3.07	3.14	3.06	3.03	3.09
	3.00	3.06	3.09	2.95	2.92	3.01
Tloušťka (mm)	3. Velkonábal					
	3.00	2.97	2.95			
	2.84	2.92	2.93			
	2.89	2.91	2.91			
	2.90	2.92	2.87			
	2.90	2.90	2.92			
	2.96	3.00	2.98			
	2.94	3.00	2.98			
	2.93	2.97	2.96			



Obrázek č. 22: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm

Z krabicových grafů je vizuálně patrné, že vruby všech velkonábalů se překrývají. Lze předpokládat nezamítnutí nulové hypotézy.

Tabulka č. 17: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 3 mm

Porovnávané velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	46	0.0619	2.317	-0,4194	0,4194	Nezamítáme H0
2.před × 2.po	46	0.0559	2.317	-0,2323	0,2323	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	46	0.0432	2.317	-0.4008	0.4008	Nezamítáme H0

#### 5.4.1 Zhodnocení testu tloušťky před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm

V případě tohoto výrobku nemá relaxace vliv na tloušťku žádného z měřených velkonábalů. Tloušťka se po relaxaci nachází ve výrobních tolerancích opět uprostřed.

## 6 Návrh testování pevnosti lpění lící strany laminátu před relaxací

Testování pevnosti lpění lícu laminátu (strana laminátu s tkaninou) před relaxací proběhne obdobně, jak je uvedeno v kapitole 4. Pouze s tím rozdílem, že získaných dat je osm. Tento počet dat je omezen faktem, že při jejich získávání je nutné použít destruktivní zkoušku, která zničí daný vzorek.

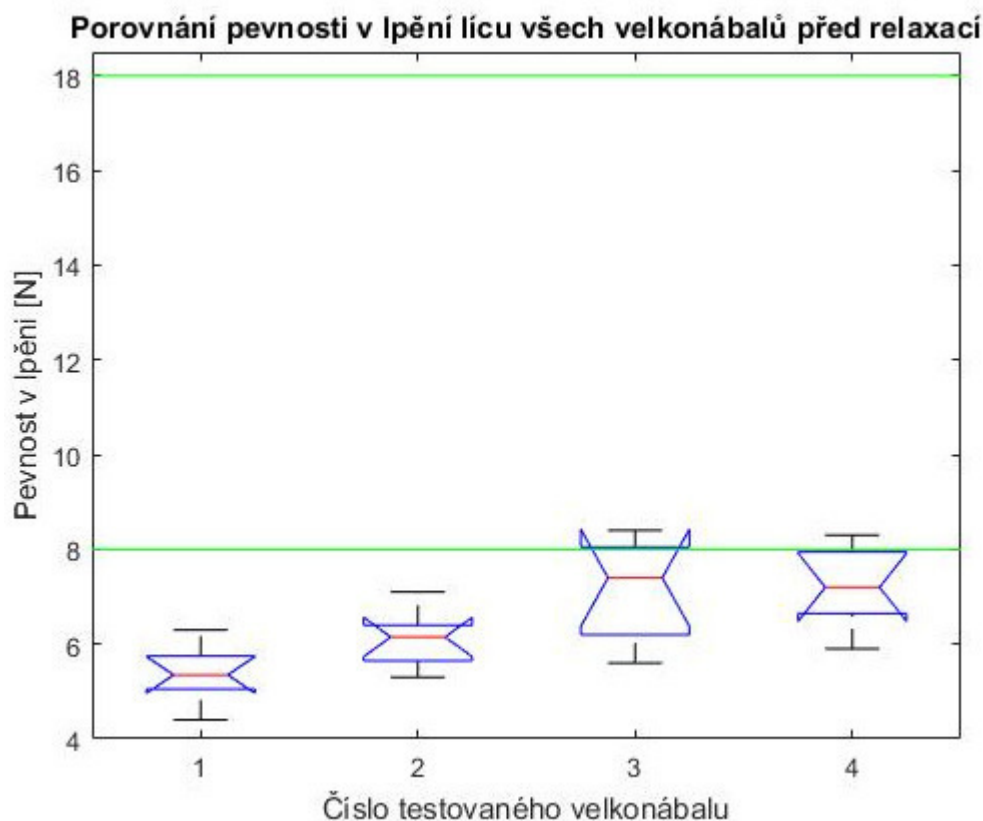
Testování bude podrobena nulová hypotéza:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  s alternativou  $H_1 : \text{ne všechny } \mu_i \text{ jsou stejné (kde } i=1,2,3,4 \text{)}$  [10]. Grafické porovnání bude zobrazeno formou krabicových grafů s vrubem [11], tolerance tloušťky laminátu daná normou je reprezentována horní a dolní mezí, které jsou v grafu zobrazeny zelenou barvou.

Vypočtená hodnota testové statistiky bude porovnána s kritickou hodnotou *F-rozdělení*, která je dostupná v tabulkách. Dojde-li k zamítnutí nulové hypotézy, bude následovat mnohonásobné porovnávání. Mnohonásobné porovnávání jsou statistické testy, kterými porovnáváme vzájemné rozdíly mezi skupinovými středními hodnotami a posuzujeme statistickou významnost těchto rozdílů.

## 6.1 Testování dat lpění lící strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Tabulka č. 18: Hodnoty lpění lící strany laminátu před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Pevnost v lpění lícu (N)								
1. Velkonábal	5.3	4.4	6.3	5.7	4.9	5.4	5.2	5.8
2. Velkonábal	5.4	6.3	6.5	7.1	6.2	5.3	6.1	5.9
3. Velkonábal	5.8	6.6	7.3	8.4	5.6	7.9	8.2	7.5
4. Velkonábal	7.6	8.3	8.3	7.3	5.9	6.8	7.1	6.5



Obrázek č. 23: Porovnání pevnosti v l lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací,  
Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Z grafu výše je patrné, že hodnoty lpění lícu prvních dvou velkonábalů jsou mimo výrobní toleranci. Ostatní dva velkonábaly se částečně v toleranci pohybuje, avšak jen částečně. Z větší části se hodnoty lpění 3. a 4. velkonábalu nachází pod výrobní tolerancí.

Na první pohled lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy, jelikož se vruby všech velkonábalů nepřekrývají. Na první pohled se nepřekrývají vruby prvního, třetího a čtvrtého souboru dat.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	19.0834	3	6.36115	10.14	0.0001
Error	17.5688	28	0.62746		
Total	36.6522	31			

Obrázek č. 24: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

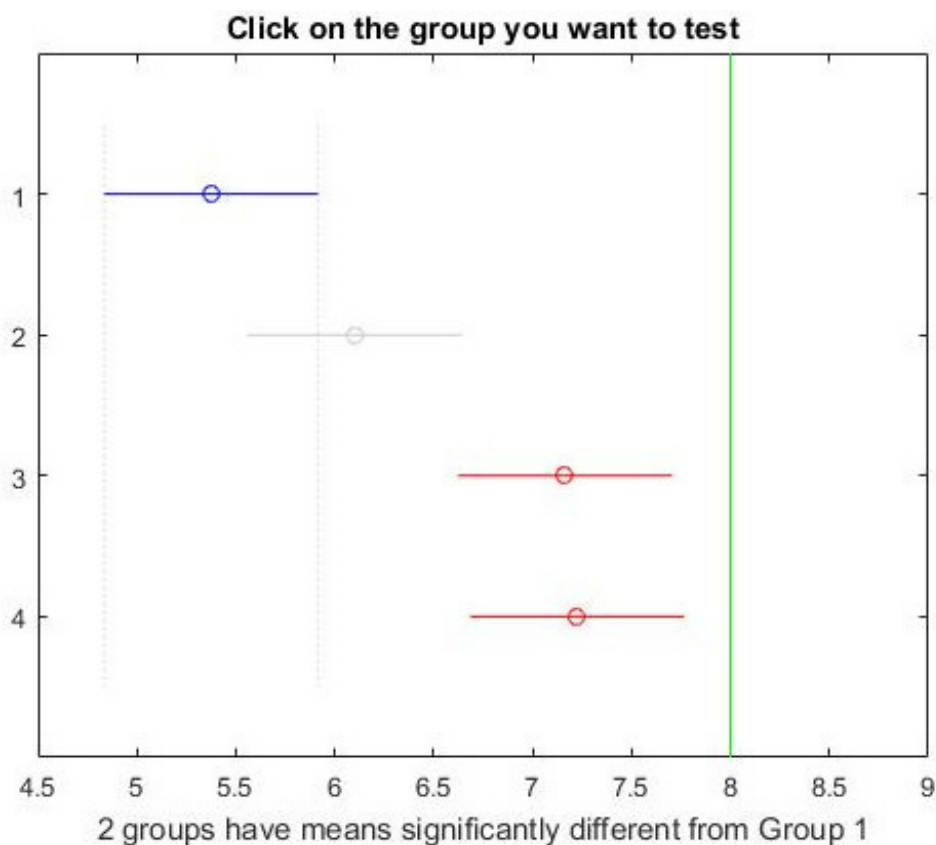
Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že lpění lícu jednotlivých velkonábalů není shodná. Nulová hypotéza se tedy zamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o nerovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábalů.

### 6.1.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 19: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Porovnáváné velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-1.8064	-0.7250	0.3564	0.2807
1	3	-2.8689	-1.7875	-0.7061	5.7611e-4
1	4	-2.9314	-1.8500	-0.7686	3.7712e-4
2	3	-2.1439	-1.0625	0.0189	0.0555
2	4	-2.2064	-1.1250	-0.0436	0.0391
3	4	-1.1439	-0.0625	1.0189	0.9986

Z tabulky výše je patrné, že jediný statisticky nevýznamný rozdíl je mezi pevností v lpění prvního a druhého velkonábalu, druhého a třetího velkonábalu a třetího a čtvrtého velkonábalu (viz Obr č. 21). Zeleně je v grafu znázorněna dolní výrobní tolerance pro daný druh materiálu. Horní toleranční mez není zobrazena pro přehlednost grafu.



Obrázek č. 25: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu  
oproti ostatním, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

### 6.1.2 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu pro Lamiflex 1850 mm×3 mm

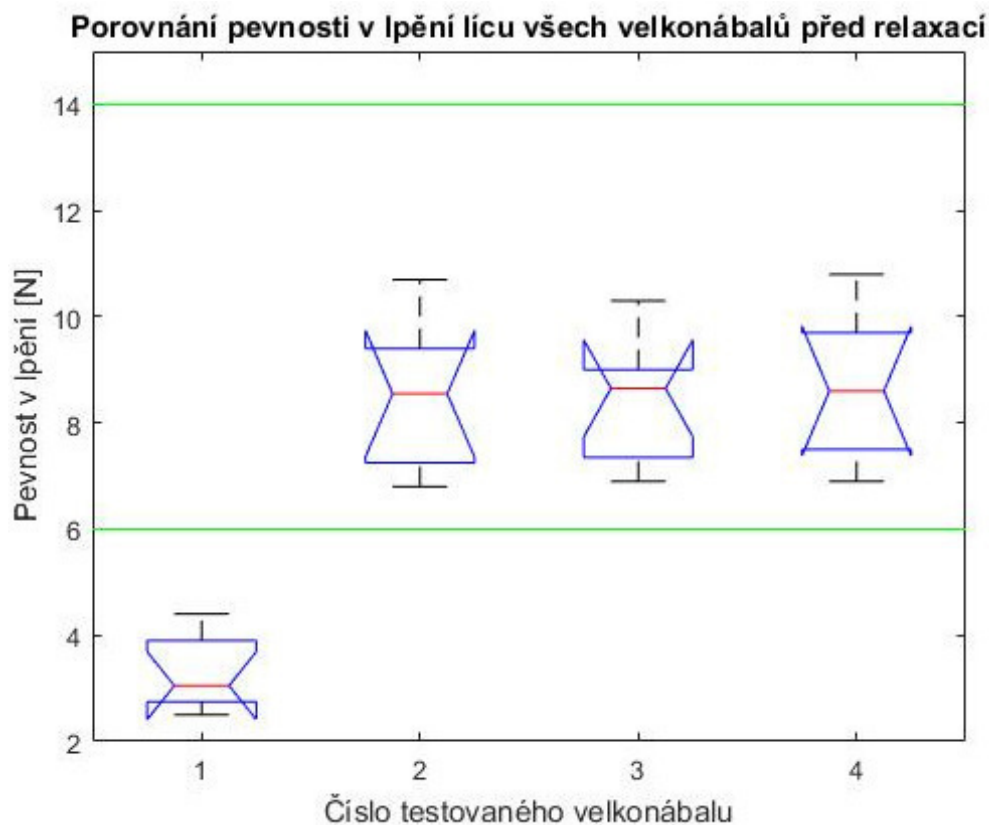
Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění se mění s každým vyrobeným velkonábalem textilie. Střední hodnoty lpění se liší mezi 1. a 3. velkonábalem, dále mezi 1. a 4. velkonábalem a 2. a 4. velkonábalem.

Dále bylo zjištěno, že naměřené hodnoty lpění lícu se nacházejí mimo výrobní tolerance pro daný materiál. Konkrétně pod spodní výrobní toleranci, což je u tohoto znaku jakosti nežádoucí. Pokud by se nacházela pevnost v lpění nad horní toleranci, tak pro tento znak jakosti stejné jako by se nacházela v toleranci.

## 6.2 Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Tabulka č. 20: Hodnoty lící strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Pevnost v lpění lícu (N)								
1. Velkonábal	4.4	4.4	2.5	2.7	3.4	3	3.1	2.8
2. Velkonábal	9.7	10.7	7	8.2	6.8	7.5	9.1	8.9
3. Velkonábal	8.6	10.3	7.4	7.3	8.9	6.9	8.7	9.1
4. Velkonábal	10.8	8.9	8.3	10.2	7.4	6.9	7.6	9.2



Obrázek č. 26: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací,

Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Z grafu výše je patrné, že hodnoty lpění lícu prvního velkonábalu jsou mimo výrobní toleranci. Ostatní velkonábalu jsou v toleranci.

Na první pohled lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy, jelikož se vruby všech velkonábalů nepřekrývají. Na první pohled se nepřekrývají vruby prvního a zbylých velkonábalů.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	164.351	3	54.7836	39.32	3.59361e-10
Error	39.016	28	1.3934		
Total	203.367	31			

Obrázek č. 27: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že pevnost v lpění lícu jednotlivých velkonábálů není shodná. Nulová hypotéza se tedy zamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o nerovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábálů.

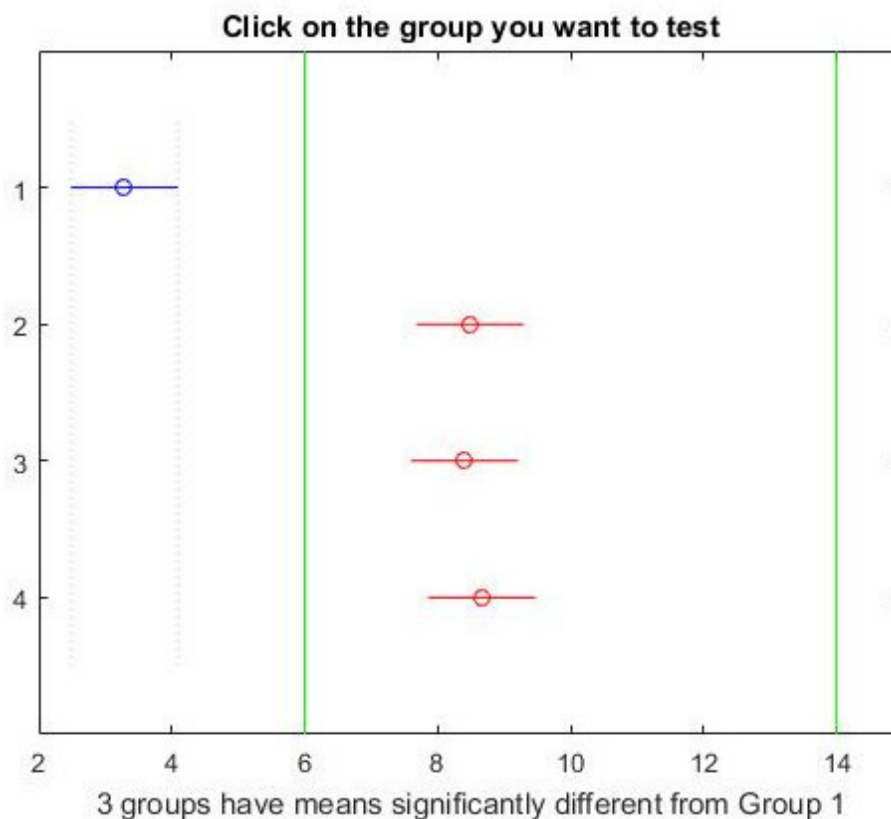
### 6.2.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 21: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Porovnávané velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-6.8115	-5.2000	-3.5885	1.2324e-8
1	3	-6.7240	-5.1125	-3.5010	1.5923e-8
1	4	-6.9865	-5.3750	-3.7635	8.0452e-9
2	3	-1.5240	0.0875	1.6990	0.9988
2	4	-1.7865	-0.1750	1.4365	0.9907
3	4	-1.8740	-0.2625	1.3490	0.9701

Z tabulky výše je patrné, že jediný statisticky významný rozdíl je mezi pevností v lpění prvního a všech ostatních měřených velkonábalech (viz Obr. č. 24). Zeleně je v grafu znázorněna dolní a horní výrobní tolerance pro daný druh materiálu.





Obrázek 28: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

### 6.2.2 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu pro Caligen 1830 mm × 2,5 mm

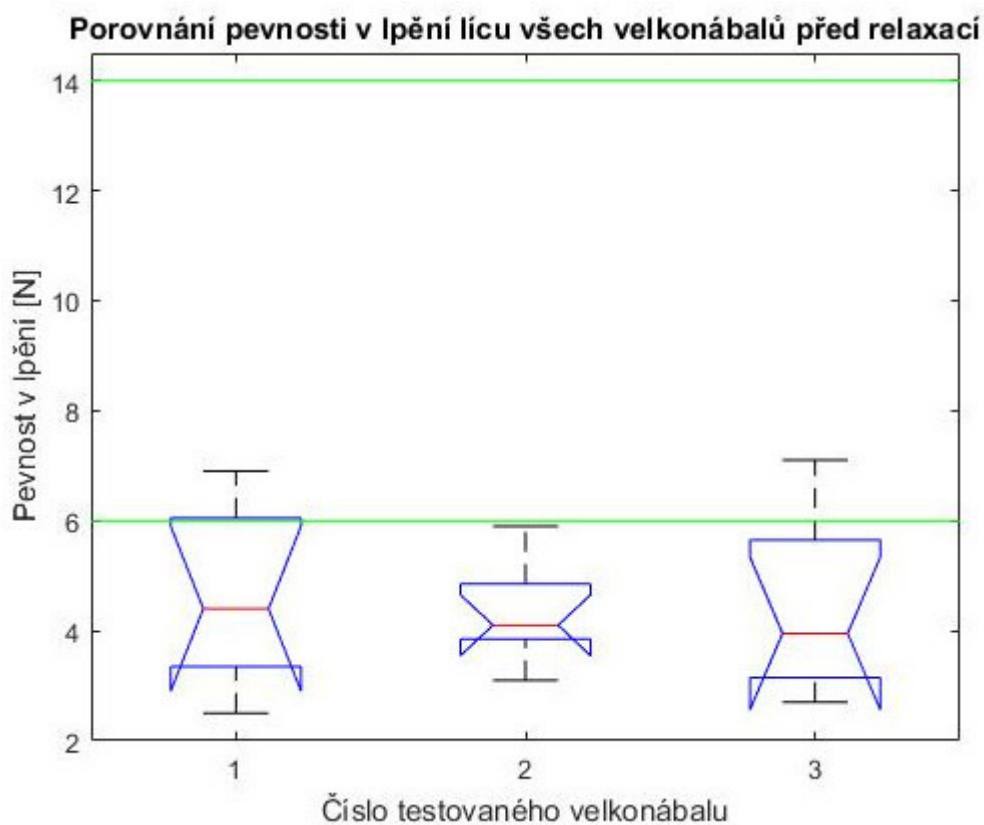
Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění se mění s každým vyrobeným velkonábalem textilie. Střední hodnoty lpění se liší mezi 1. a ostatními třemi velkonábaly.

Dále bylo zjištěno, že naměřené hodnoty lpění lícu se u prvního velkonábalu nacházejí mimo výrobní tolerance pro daný materiál. Hodnoty lpění ostatních třech velkonábaleů se nachází ve výrobní toleranci.

### 6.3 Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Tabulka č. 22: Hodnoty lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Pevnost v lpění lící (N)								
1. Velkonábal	6.9	5.2	4.1	2.5	2.8	3.9	4.7	6.9
2. Velkonábal	5.2	4.2	3.1	3.8	3.9	4	4.5	5.9
3. Velkonábal	6.7	4.1	3.1	2.7	3.2	3.8	4.6	7.1



Obrázek č. 29: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací,

Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Z grafu výše je patrné, že hodnoty lpění lící všech velkonábalů jsou mimo výrobní toleranci. Nacházejí se pod spodní výrobní tolerancí.

Na první pohled lze předpokládat nezamítnutí nulové hypotézy, jelikož se vruby všech velkonábalů překrývají.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	0.3808	2	0.19042	0.09	0.9131
Error	43.7788	21	2.0847		
Total	44.1596	23			

Obrázek č. 30: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je nižší než kritická hodnota. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že pevnost v lpění lícu jednotlivých velkonábalů je shodná. Nulová hypotéza se tedy nezamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o rovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábalů. Jelikož nezamítáme nulovou hypotézu, není třeba provádět mnohonásobné porovnávání.

### 6.3.1 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu pro

#### Caligen 2060 mm×2,2 mm

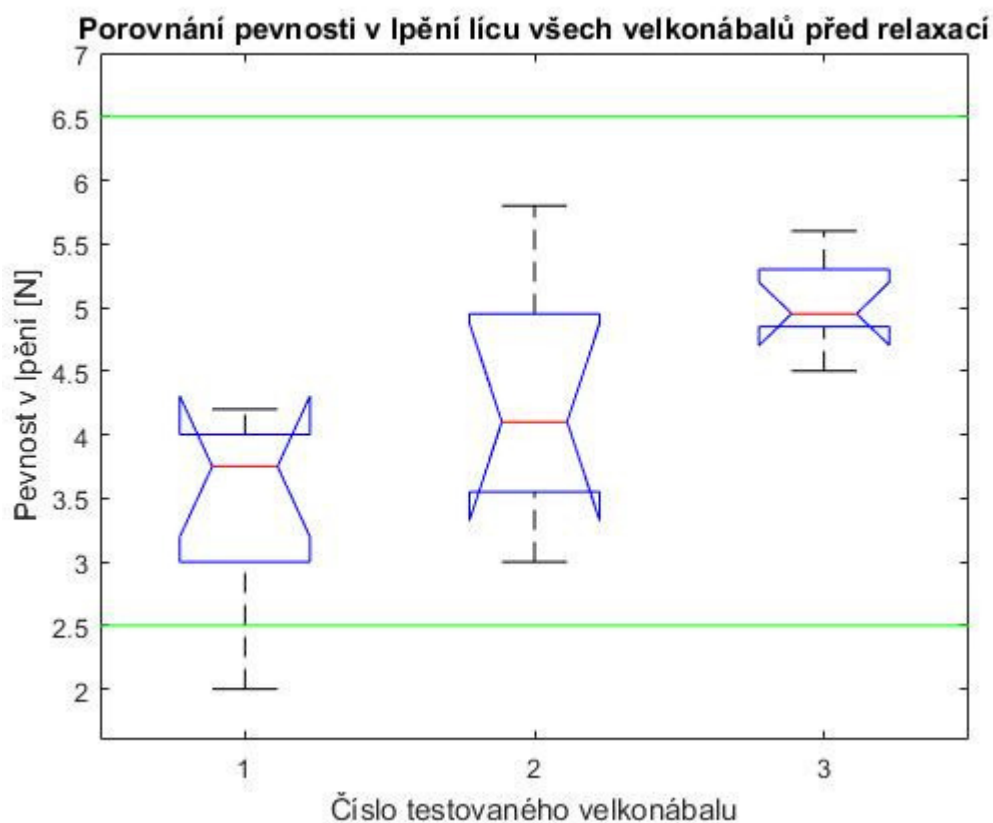
Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění je neměnná v závislosti na velkonábalu

Dále bylo zjištěno, že naměřené hodnoty lpění lícu před relaxací se u všech měřených velkonábalů pohybuje pod spodní výrobní tolerancí.

## 6.4 Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm

Tabulka č. 23: Hodnoty lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm

Pevnost v lpění lící (N)								
1. Velkonábal	3.0	2.0	4.0	3.0	3.5	4.0	4.0	4.2
2. Velkonábal	5.0	5.8	3.2	3.0	4.1	4.1	3.9	4.9
3. Velkonábal	5.0	4.8	5.6	4.9	5.3	4.9	5.3	4.5



Obrázek č. 31: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací,  
Caligen 2060 mm × 3 mm

Z grafu výše je patrné, že lpění lící jednotlivých velkonábalů se u daného měřeného laminátu nachází ve výrobních tolerancích.

Lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy. Vruby jednotlivých velkonábalů se totiž nepřekrývají a to konkrétně vruby prvního a třetího z měřených velkonábalů daného laminátu.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	9.9225	2	4.96125	9.44	0.0012
Error	11.0375	21	0.5256		
Total	20.96	23			

Obrázek č. 32: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 3 mm

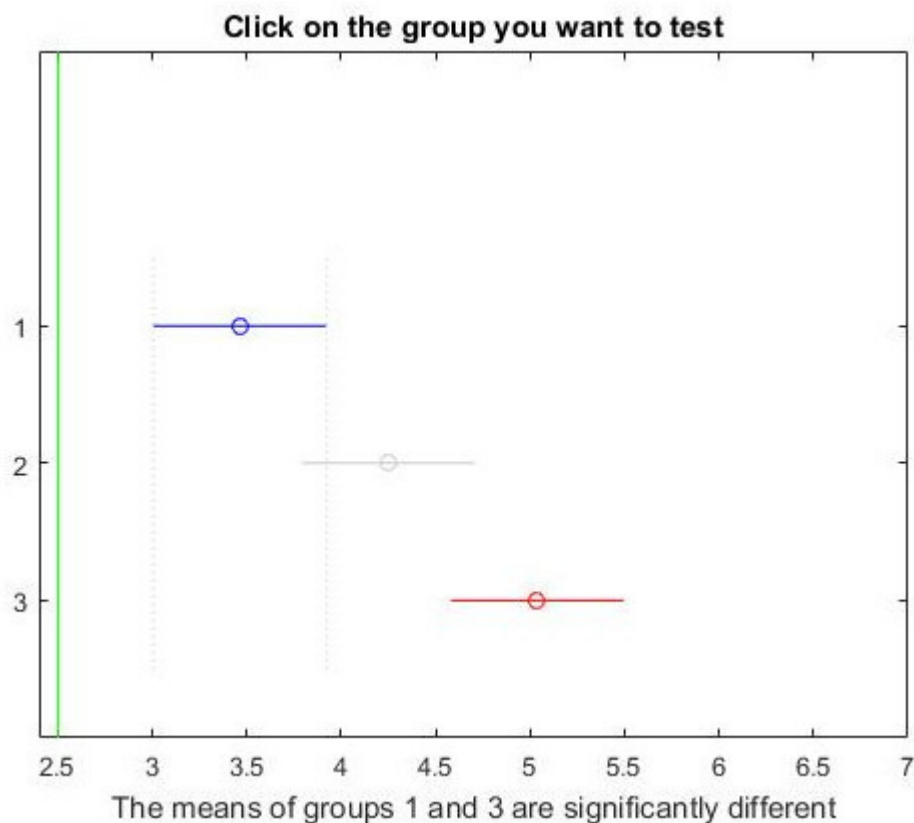
Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině  $\alpha=0,05$  můžeme říci, že pevnost lpění lícu laminované textilie jednotlivých velkonábalů není shodná. Nulová hypotéza se tedy nezamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o rovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábalů. Jelikož nezamítáme nulovou hypotézu, není třeba provádět mnohonásobné porovnávání.

#### 6.4.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 24: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 3 mm

Porovnávané velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-1.7012	-0.7875	0.1262	0.0995
1	3	-2.4887	-1.5750	-0.6613	7.9879e-4
2	3	-1.7012	-0.7875	0.1262	0.0995

Z tabulky výše je patrné, že jediný rozdíl v lpění lícu prvního a třetího velkonábalu. Zeleně v grafu níže je zobrazena pouze spodní výrobní tolerance pro lpění dané laminované textilie a to z důvodu přehlednosti.



Obrázek č. 33: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 3 mm

#### 6.4.2 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu pro Caligen

##### 2060 mm × 3 mm

Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění lícu se mění s každým vyrobeným velkonábalem laminované textilie. Střední hodnoty lpění se liší mezi 1. a 3. měřeným velkonábalem dané laminované textilie.

Dále bylo zjištěno, že i přes to, že se pevnost v lpění lícu jednotlivých měřených velkonábálů mění v průběhu výroby, lpění lící textilie zůstává ve výrobních tolerancích u daného měřeného druhu laminované textilie.

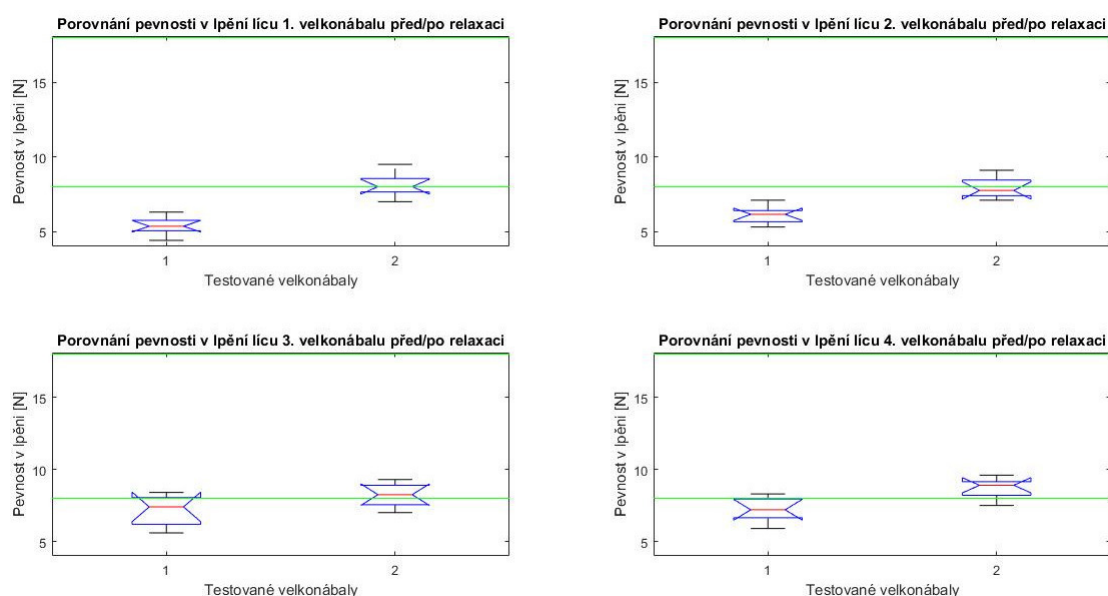
## 7 Návrh testování pevnosti v lpění lící strany laminátu před a po relaxaci

Testování bude probíhat obdobně, jak je uvedeno v Kapitole 5.

### 7.1 Testování dat lpění lící strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Tabulka č. 25: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Pevnost v lpění lící (N)								
1. Velkonábal	8.7	7.9	7	7.4	7.9	8.4	9.5	8.1
2. Velkonábal	7.1	7.5	7.3	8	9.1	8.3	7.5	8.6
3. Velkonábal	7.5	8.1	7.6	9.1	7	8.4	9.3	8.7
4. Velkonábal	9.3	8.9	8.9	9.6	7.5	8.3	9	8.1



Obrázek č. 34: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu před a po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Pro zobrazení naměřených dat tloušťky byly zvoleny krabicové grafy s vrubem [11]. Vzhledem k tomu, že se vruby ve všech případech nepřekrývají, lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy ve všech případech.

Tabulka č. 26: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Porovnávání velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > t <sub>m+n-2</sub> (1-α/2)
1.před × 1.po	14	0.6837	2.145	-8.0082	8.0082	Zamítáme H <sub>0</sub>
2.před × 2.po	14	0.6434	2.145	-5.6732	5.6732	Zamítáme H <sub>0</sub>
3.před × 3.po	14	0.9452	2.145	-2.2218	2.2218	Zamítáme H <sub>0</sub>
4.před × 4.po	14	0.7670	2.145	-3.8464	3.8464	Zamítáme H <sub>0</sub>

### 7.1.1 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu před a po relaxaci,

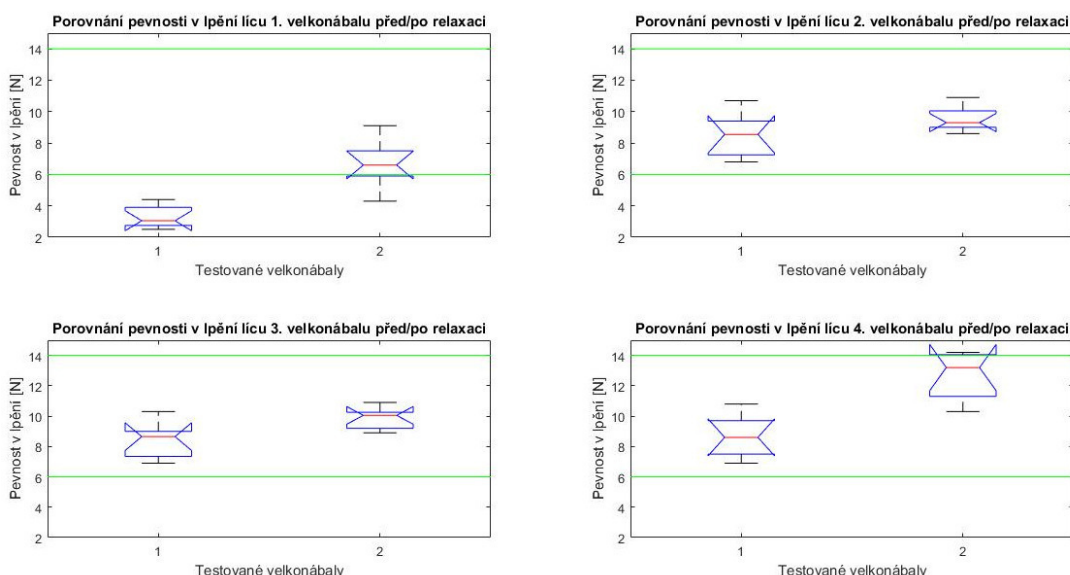
#### Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění lícu a to u všech testovaných velkonábalů. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že pevnost v lpění lícu je po relaxační době vyšší. Tato skutečnost pevnost v lpění lícu posune do tolerance a to na spodní mez pevnosti v lpění daného normou.

### 7.2 Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Tabulka č. 27: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Pevnost v lpění lícu (N)								
1. Velkonábal	4.3	6.7	5.7	9.1	8	6.5	7	6.1
2. Velkonábal	9.3	10	10.9	10.1	8.6	9.1	9.3	8.9
3. Velkonábal	9.3	10	10.9	10.1	8.9	9.1	10.3	10.2
4. Velkonábal	13.9	14	14.2	10.8	12.5	10.3	11.8	14.1



Obrázek č. 35: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Pro zobrazení naměřených dat tloušťky byly zvoleny krabicové grafy s vrubem. Vzhledem k tomu, že se vruby v případech 1., 3., a 4. velkonábalu nepřekrývají, lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy v těchto třech případech. U 2. velkonábalu se vruby překrývají, lze tedy předpokládat nezamítnutí nulové hypotézy.



Tabulka č. 28: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Porovnávané velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	14	1.1497	2.145	-5.8931	5.8931	Zamítáme H0
2.před × 2.po	14	1.1021	2.145	-1.1021	1.1021	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	14	0.9343	2.145	-3.1040	3.1040	Zamítáme H0
4.před × 4.po	14	1.4832	2.145	-5.4443	5.4443	Zamítáme H0

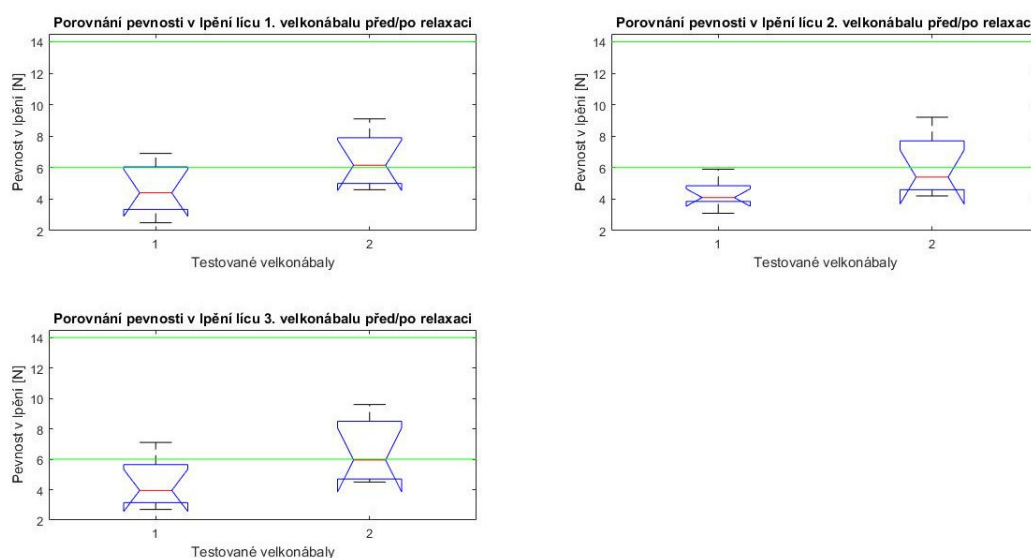
### 7.2.1 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění lícu a to u 1., 3., a 4. velkonábalu. U druhého testovaného velkonábalu nebyl zjištěn vliv relaxace na pevnost v lpění lícu. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že pevnost v lpění lícu je po relaxační době vyšší. Tato skutečnost pevnost v lpění lícu posune do tolerance dané normou.

### 7.3 Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Tabulka č. 29: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Pevnost v lpění lícu (N)								
1. Velkonábal	9.1	7.1	5.1	4.6	4.9	5.4	6.9	8.7
2. Velkonábal	9.2	6.7	4.2	4.7	4.5	4.9	5.9	8.7
3. Velkonábal	9.5	6.6	4.6	4.5	4.8	5.3	7.5	9.6



Obrázek č. 36: Porovnání pevnosti v lící strany laminátu lícu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Pro zobrazení naměřených dat tloušťky byly zvoleny krabicové grafy s vrubem. Vzhledem k tomu, že se vruby ve všech případech nepřekrývají, lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy ve všech případech.

Tabulka č. 30: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Porovnávané velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	14	1.7069	2.145	-2.1676	2.1676	Nezamítáme H0
2.před × 2.po	14	1.5046	2.145	-2.3594	2.3594	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	14	1.9017	2.145	-2.2480	2.2480	Nezamítáme H0

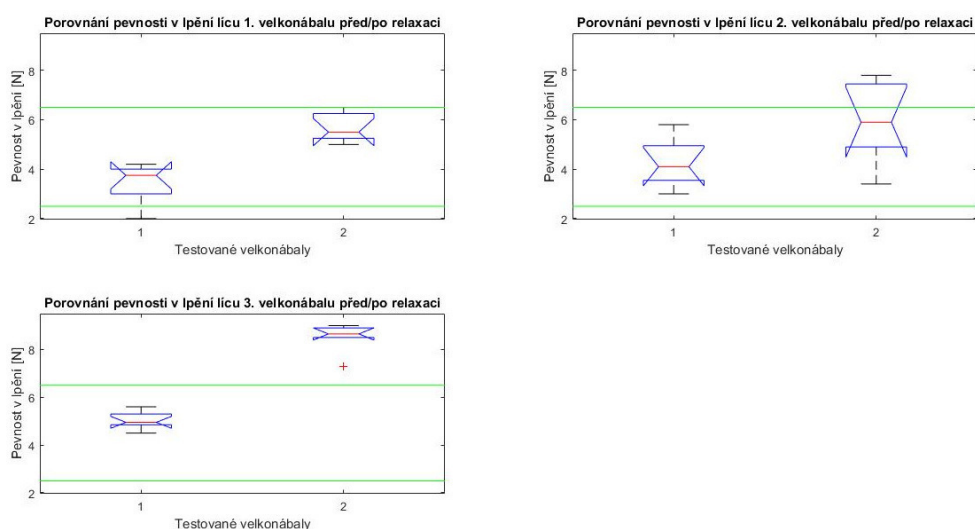
### 7.3.1 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění lícu a to u všech testovaných velkonábálů. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že pevnost v lpění lícu je po relaxační době vyšší. Tato skutečnost pevnost v lpění lícu posune do tolerance dané normou, ale pouze kolem spodní meze dané normou.

### 7.4 Testování dat lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm

Tabulka č. 31: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm

Pevnost v lpění lícu (N)								
1. Velkonábál	5	6.4	6.5	5.3	5.4	6.1	5.6	5.2
2. Velkonábál	7.3	7.6	4.3	3.4	6.2	5.5	5.6	7.8
3. Velkonábál	8.5	9	8.6	7.3	8.7	8.9	8.8	7.4



Obrázek č. 37: Porovnání pevnosti v lící strany laminátu lícu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm

Pro zobrazení naměřených dat tloušťky byly zvoleny krabicové grafy s vrubem. Vzhledem k tomu, že se vruby ve všech případech nepřekrývají, lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy ve všech případech.

Porovnávané velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
<b>1.před × 1.po</b>	14	0.6691	2.145	-6.6508	6.6508	Zamítáme H0
<b>2.před × 2.po</b>	14	1.3038	2.145	-2.6269	2.6269	Zamítáme H0
<b>3.před × 3.po</b>	14	0.4777	2.145	-13.4203	13.4203	Zamítáme H0

#### 7.4.1 Zhodnocení testu lpění lící strany laminátu před a po relaxaci,

##### Caligen 2060 mm × 3 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění lícu a to u všech testovaných velkonábálů. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že pevnost v lpění lícu je po relaxační době vyšší. Tato skutečnost pevnost v lpění lícu posune v případě 2. a 3. měřeného velkonábalu nad výrobní toleranci.

## 8 Návrh testování pevnosti lpění rubové strany laminátu před relaxací

Testování pevnosti lpění lícu laminátu (strana laminátu s pleteninou) před relaxací proběhne obdobně, jak je uvedeno v kapitole 4. Pouze s tím rozdílem, že získaných dat je osm. Tento počet dat je omezen faktem, že při jejich získávání je nutné použít destruktivní zkoušku, která zničí daný vzorek.

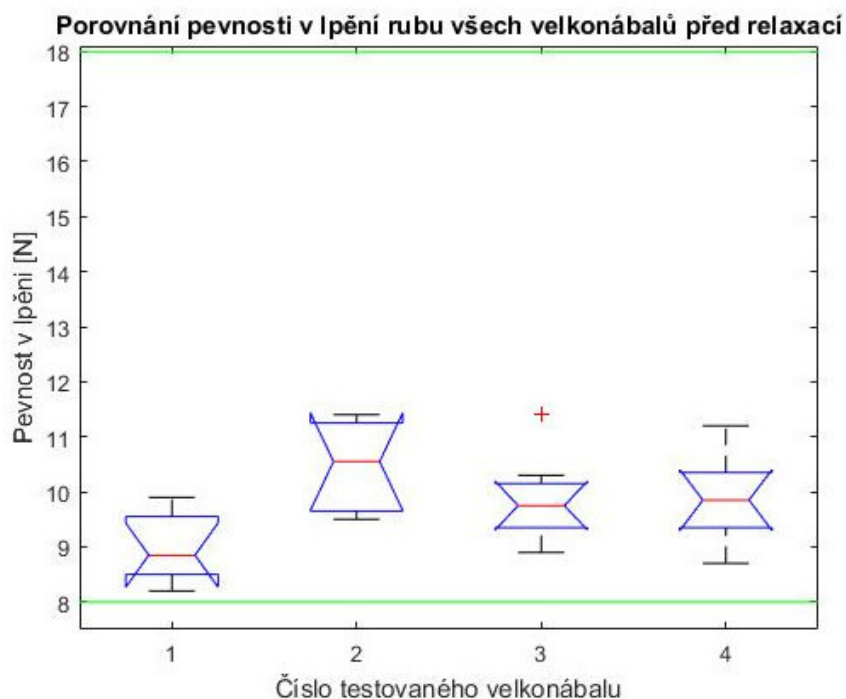
Testování bude podrobena nulová hypotéza:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$  s alternativou  $H_1 : \text{ne všechny } \mu_i \text{ jsou stejné (kde } i=1,2,3,4 \text{)}$  [10]. Grafické porovnání bude zobrazeno formou krabicových grafů s vrubem [12], tolerance tloušťky laminátu daná normou je reprezentována horní a dolní mezí, které jsou v grafu zobrazeny zelenou barvou.

Vypočtená hodnota testové statistiky bude porovnána s kritickou hodnotou *F-rozdělení*, která je dostupná v tabulkách. Dojde-li k zamítnutí nulové hypotézy, bude následovat mnohonásobné porovnávání [10]. Mnohonásobné porovnávání jsou statistické testy, kterými porovnáváme vzájemné rozdíly mezi skupinovými středními hodnotami a posuzujeme statistickou významnost těchto rozdílů.

## 8.1 Testování dat lpění rubové strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Tabulka č. 32: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábal	8.9	8.3	9.7	8.8	8.7	9.4	8.2	9.9
2. Velkonábal	10.8	9.7	11.2	9.6	11.4	11.3	9.5	10.3
3. Velkonábal	8.9	9.5	10.3	9.3	9.4	11.4	10	10
4. Velkonábal	9.3	10.6	9.9	8.7	11.2	9.8	10.1	9.4



Obrázek č. 38: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Z grafu výše je patrné, že hodnoty lpění rubu všech velkonábalů jsou ve výrobní toleranci.

Na první pohled lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy, jelikož se vruby všech velkonábalů nepřekrývají. Na první pohled se nepřekrývají vruby prvního a druhého velkonábalu.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	8.9909	3	2.99698	5.35	0.0049
Error	15.6988	28	0.56067		
Total	24.6897	31			

Obrázek č. 39: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

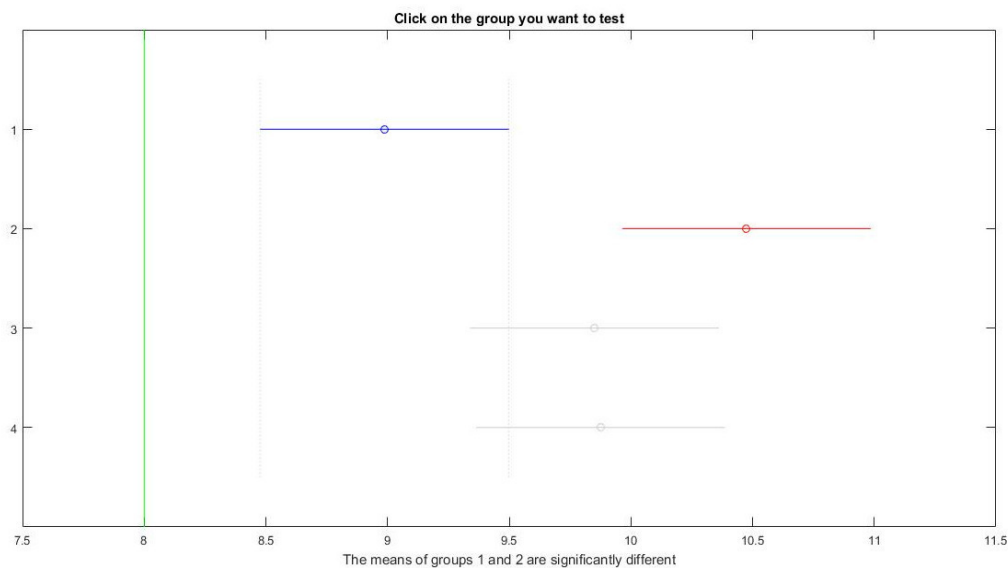
Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině spolehlivosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že lpění rubu jednotlivých velkonábalů není shodná. Nulová hypotéza se tedy zamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o nerovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábalů.

### 8.1.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 33: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Porovnávané velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-2.5097	-1.4875	-0.4653	0.0024
1	3	-1.8847	-0.8625	0.1597	0.1213
1	4	-1.9097	-0.8875	0.1347	0.1064
2	3	-0.3972	0.6250	1.6472	0.3582
2	4	-0.4222	0.6000	1.6222	0.3935
3	4	-1.0472	-0.0250	0.9972	0.9999

Z tabulky výše je patrné, že jediný statisticky významný rozdíl je mezi pevností v lpění prvního a druhého velkonábalu (viz Obr. č. 33). Zeleně je v grafu znázorněna dolní výrobní tolerance pro daný druh materiálu. Horní toleranční mez není zobrazena pro přehlednost grafu.



Obrázek č. 40: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu  
oproti ostatním, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

## 8.2 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu pro

### Lamiflex 1850 mm×3 mm

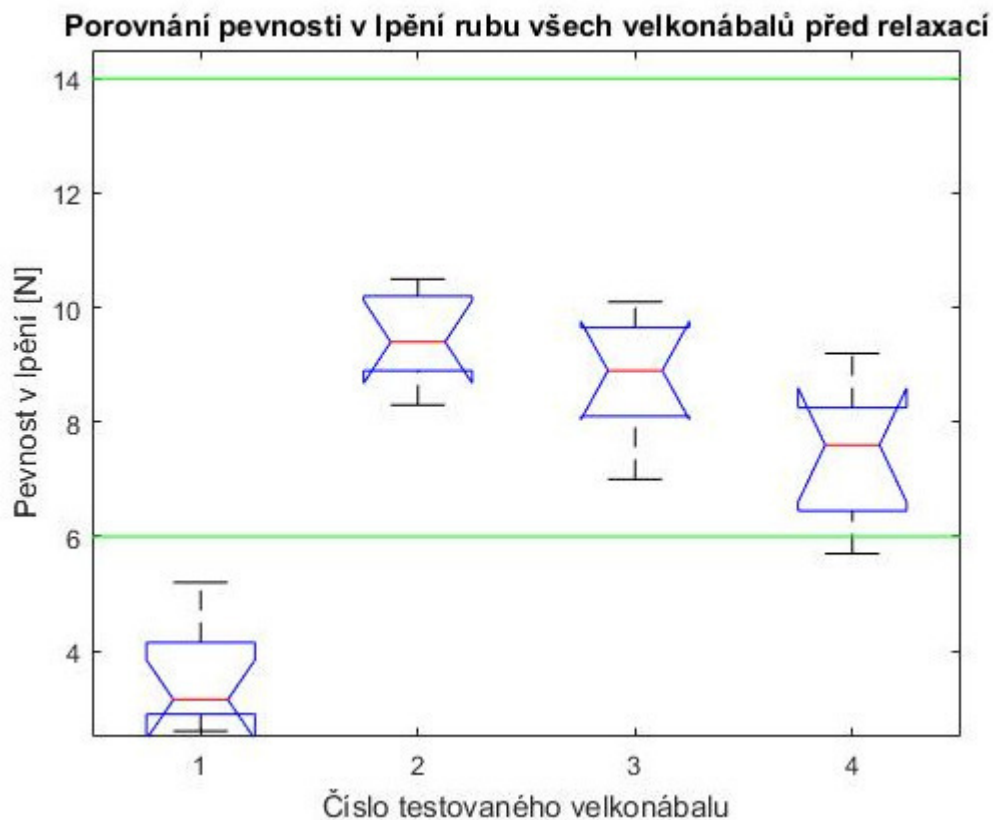
Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění rubu se mění s každým vyrobeným velkonábalem textilie. Střední hodnoty lpění se liší mezi 1. a 2. velkonábalem.

Dále bylo zjištěno, že naměřené hodnoty lpění lícu se nacházejí ve výrobní toleranci.

## 8.3 Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Tabulka č. 34: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábal	5	3.2	2.7	3.3	2.6	3.1	5.2	3.1
2. Velkonábal	10.2	9.4	8.9	8.3	8.9	10.5	10.2	9.4
3. Velkonábal	8.3	9.8	8	8.2	9.5	7	9.5	10.1
4. Velkonábal	9.2	8.1	7.8	8.4	7	5.9	5.7	7.4



Obrázek č. 41: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Z grafu výše je patrné, že hodnoty lpění rubu prvního velkonábalu jsou mimo výrobní toleranci. Hodnoty lpění rubu ostatních velkonábalů jsou v toleranci.

Na první pohled lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy, jelikož se vruby všech velkonábalů nepřekrývají. Na první pohled se nepřekrývají vruby prvního a všech ostatních velkonábalů. Dále se nepřekrývají vruby 2. a 4. velkonábalu.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	169.998	3	56.6661	53.73	9.72746e-12
Error	29.529	28	1.0546		
Total	199.527	31			

Obrázek č. 42: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině spolehlivosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že pevnost v lpění rubu jednotlivých velkonábalů není



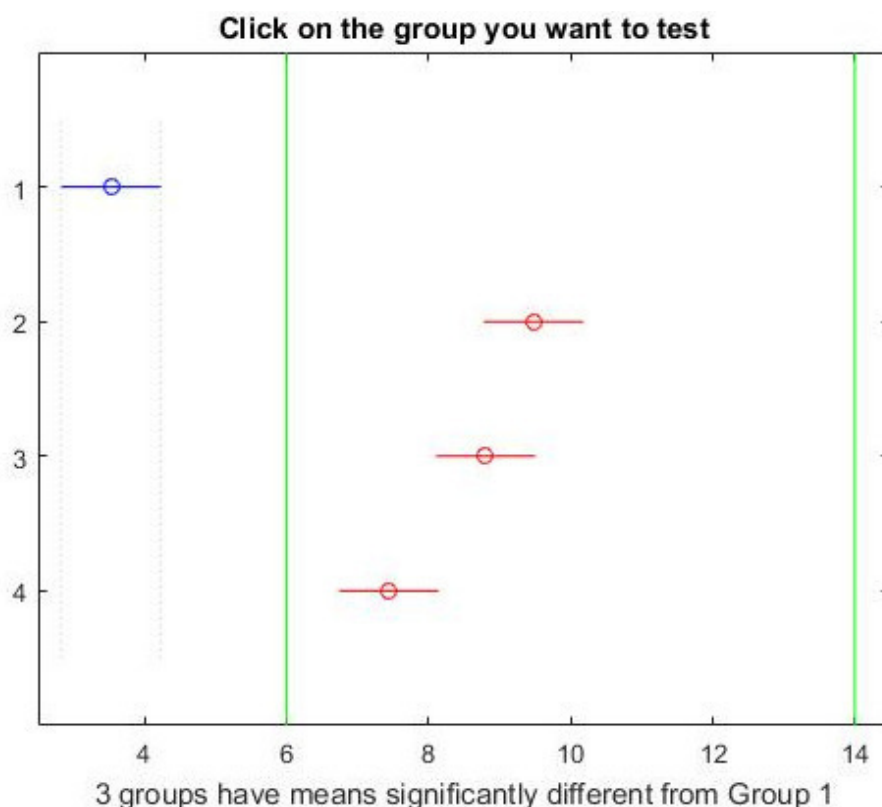
shodná. Nulová hypotéza se tedy zamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o nerovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábalů.

### 8.3.1 Mnohonásobné porovnávání

Tabulka č. 35: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Porovnávané velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-7.3519	-5.9500	-4.5481	3.7920e-9
1	3	-6.6769	-5.2750	-3.8731	4.0833e-9
1	4	-5.3144	-3.9125	-2.5106	1.5925e-9
2	3	-0.7269	0.6750	2.0769	0.5616
2	4	0.6356	2.0375	3.4394	0.0024
3	4	-0.0394	1.3625	2.7644	0.0591

Z tabulky výše je patrné, že jediný statisticky významný rozdíl je mezi pevností v lpění rubu prvního a všech ostatních velkonábalů. Dále je patrný rozdíl mezi pevností v lpění mezi 2. a 4. velkonábalem (viz. Obr. č. 36). Zeleně je v grafu znázorněna dolní a horní výrobní tolerance pro daný druh materiálu.



Obrázek č. 43: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

### 8.3.2 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu pro

#### Caligen 1830 mm × 2.5 mm

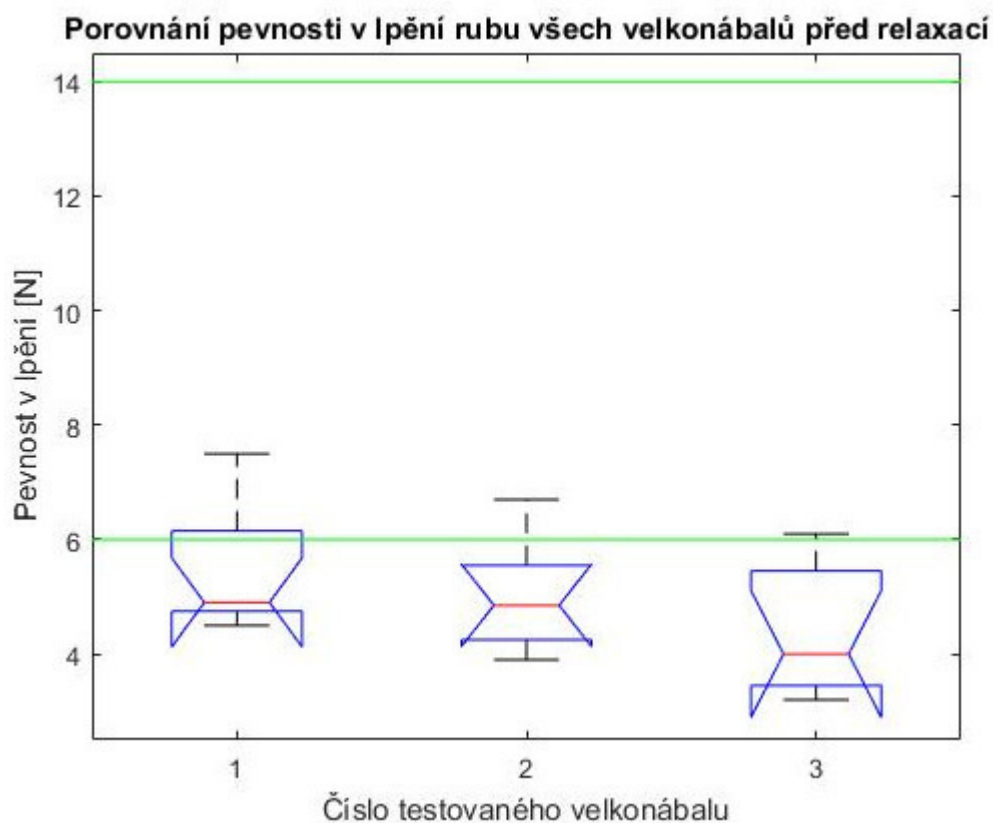
Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění se mění s každým vyrobeným velkonábalem textile. Střední hodnoty lpění se liší mezi 1. a všemi ostatními velkonábaly. Dále se liší hodnota lpění mezi 2. a 4. velkonábalem

Dále bylo zjištěno, že naměřené hodnoty lpění lícu se nacházejí ve výrobní toleranci, kromě pevnosti v lpění rubu prvního velkonábalu.

### 8.4 Testování dat rubové strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Tabulka č. 36: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábal	9.3	8.1	7.4	7.1	7	7.3	7.9	8.8
2. Velkonábal	9.1	6.8	5.4	5.2	5.3	4.8	7.2	9.3
3. Velkonábal	9.8	7.3	6.9	6.7	4.4	4.7	6	9.7



Obrázek č. 44: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábálů před relaxací,  
Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Z grafu výše je patrné, že hodnoty lpění rubu prvního velkonábalu jsou jediné částečně ve výrobní toleranci. Hodnoty lpění rubu ostatních velkonábalů jsou mimo toleranci.

Na první pohled lze předpokládat nezamítnutí nulové hypotézy, jelikož se vruby všech velkonábalů překrývají.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	4.5408	2	2.27042	2.08	0.1499
Error	22.9175	21	1.09131		
Total	27.4583	23			

Obrázek č. 45: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou *F-rozdělení*, která je dostupná v tabulkách, je nižší než kritická hodnota. Na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  můžeme říci, že pevnost v lpění rubu jednotlivých velkonábalů je shodná. Nulová hypotéza se tedy nezamítá. Analýza rozptylu potvrdila domněnku o rovnosti středních hodnot pevnosti v lpění jednotlivých velkonábalů.

#### 8.4.1 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu pro

##### Caligen 2060 mm × 2.2 mm

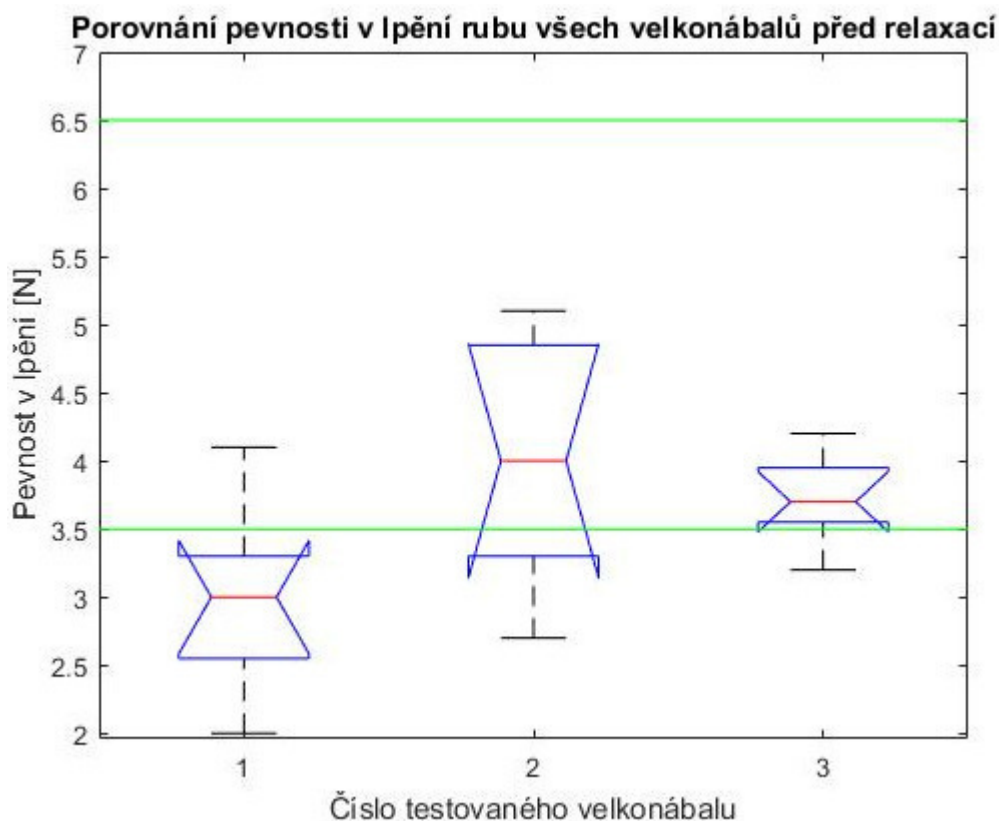
Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění se nemění s každým vyrobeným velkonábalem textilie. Střední hodnoty se na hladině  $\alpha=0,05$  neliší.

Dále bylo zjištěno, že naměřené hodnoty lpění lícu se kromě prvního velkonábalu nachází mimo výrobní toleranci. Lpění rubu prvního velkonábalu se však pohybuje na spodní hranici výrobní tolerance.

#### 8.5 Testování dat rubové strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm

Tabulka č. 37: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Caligen 2060 mm × 3 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábal	3.1	3	4.1	3.5	2.7	2.4	2	3
2. Velkonábal	5.1	5	4	4	3.5	3.1	2.7	4.7
3. Velkonábal	3.5	3.2	3.7	3.9	4.2	4	3.6	3.7



Obrázek č. 46: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábalů před relaxací,  
Caligen 2060 mm × 3 mm

Z grafu je patrné, že hodnoty lpění rubu prvního velkonábalu jsou jednoznačně mimo výrobní tolerance. Oproti tomu lpění rubu 2. a 3. velkonábalu se nachází ve výrobní toleranci a to na spodní hranici.

Lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy. Vruby krabicových grafů u prvního a druhého velkonábalu se nepřekrývají.

ANOVA Table					
Source	SS	df	MS	F	Prob>F
Columns	4.5908	2	2.29542	5.33	0.0134
Error	9.0387	21	0.43042		
Total	13.6296	23			

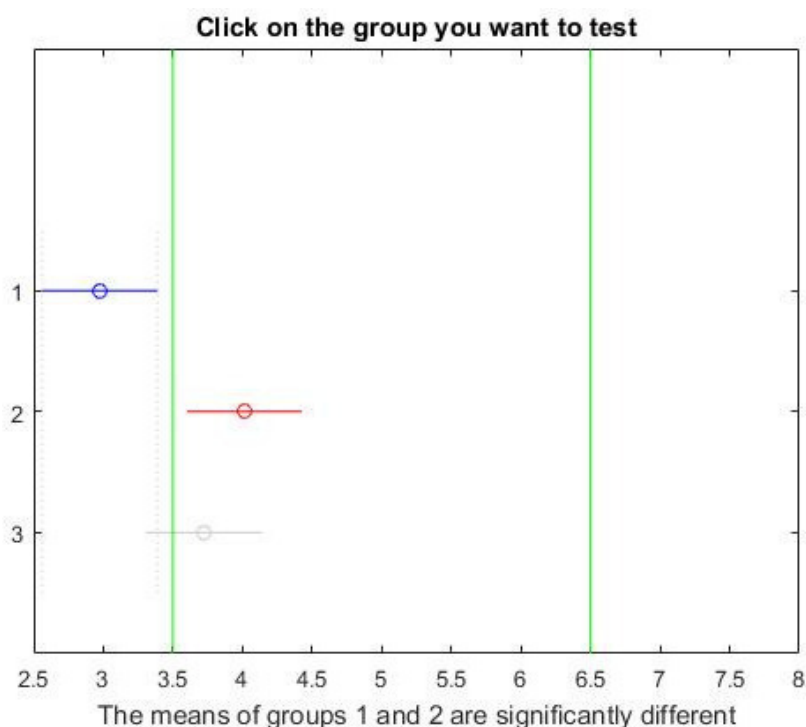
Obrázek č. 47: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 3 mm

Vypočtená hodnota testové statistiky v porovnání s kritickou hodnotou  $F$ -rozdělení, která je dostupná v tabulkách, je vyšší než kritická hodnota. Na hladině významnosti  $\alpha=0,05$  můžeme říci, že pevnost v lpění rubu jednotlivých velkonábalů není shodná. Nulová hypotéza se tedy zamítá.

Tabulka č. 38: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 3 mm

Porovnávané velkonábaly		Spodní 95% IS rozdílu středních hodnot	Rozdíl středních hodnot	Horní 95% IS rozdílu středních hodnot	p-hodnota
1	2	-1.8643	-1.0375	-0.2107	0.0125
1	3	-1.5768	-0.7500	-0.0768	0.0799
2	3	-0.5393	0.2875	1.1143	0.6607

Z tabulky je patrné, že jediný statistický významný rozdíl je mezi pevností v lpění rubu 1. a 2. velkonábaly. Zeleně jsou v grafu zobrazeny výrobní tolerance na lpění rubu u daného výrobku.



Obrázek č. 48: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábaly oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 3 mm

## 8.6 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu pro

### Caligen 2060 mm × 3 mm

Na základě navrženého testu došlo ke zjištění, že pevnost v lpění rubu se mění s každým vyrobeným velkonábalem u sledovaného výrobku. Střední hodnoty v lpění rubu se liší mezi prvním a druhým velkonábalem.

Pevnosti v lpění rubu se po výrobě nachází na spodní toleranci a to v případě 2. a 3. velkonábaly. Hodnoty pevnosti v lpění prvního velkonábaly se nacházejí mimo výrobní tolerance.

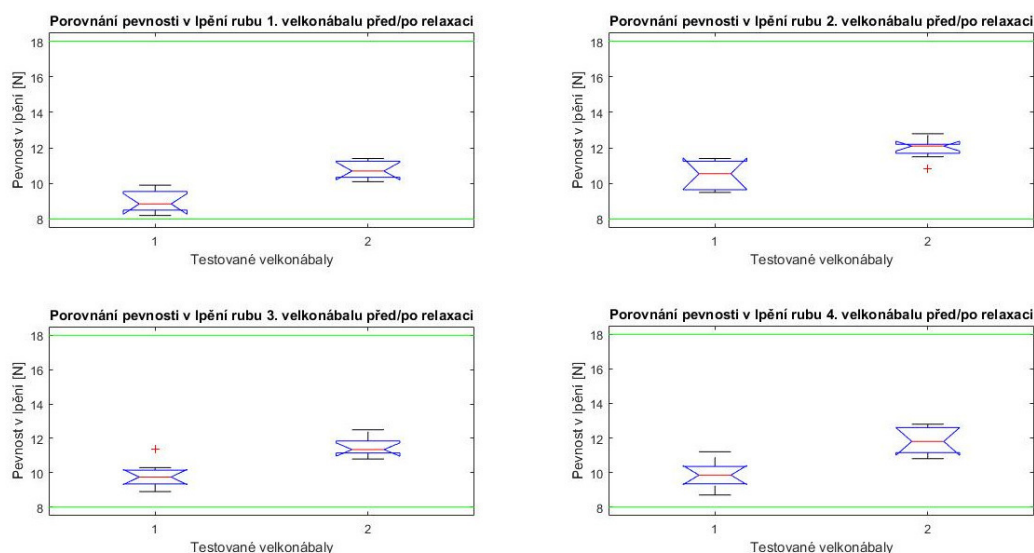
## 9 Návrh testování pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci

Testování bude probíhat obdobně, jak je uvedeno v Kapitole 5.

### 9.1 Testování dat lpění rubové strany laminátu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Tabulka č. 39: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábal	10.5	10.8	11.4	10.2	10.6	11.2	11.3	10.1
2. Velkonábal	11.5	12.1	12.2	10.8	12.8	12.1	11.9	12.2
3. Velkonábal	10.8	11.3	12.1	11.4	11.2	11.1	12.5	11.6
4. Velkonábal	10.8	11.2	12.2	11.1	12.8	11.4	12.4	12.8



Obrázek č. 49: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Pro zobrazení naměřených dat pevnosti v lpění rubu byly zvoleny krabicové grafy s vrubem. Vzhledem k tomu, že se vruby ve všech případech nepřekrývají, lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy ve všech případech.

Tabulka č. 40: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Porovnávání velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T  > t <sub>m+n-2</sub> (1-α/2)
1.před × 1.po	14	0.5649	2.145	-6.2843	6.2843	Zamítáme H <sub>0</sub>
2.před × 2.po	14	0.7038	2.145	-4.1914	4.1914	Zamítáme H <sub>0</sub>
3.před × 3.po	14	0.6729	2.145	-4.9038	4.9038	Zamítáme H <sub>0</sub>
4.před × 4.po	14	0.7925	2.145	-4.9524	4.9524	Zamítáme H <sub>0</sub>

### 9.1.1 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci,

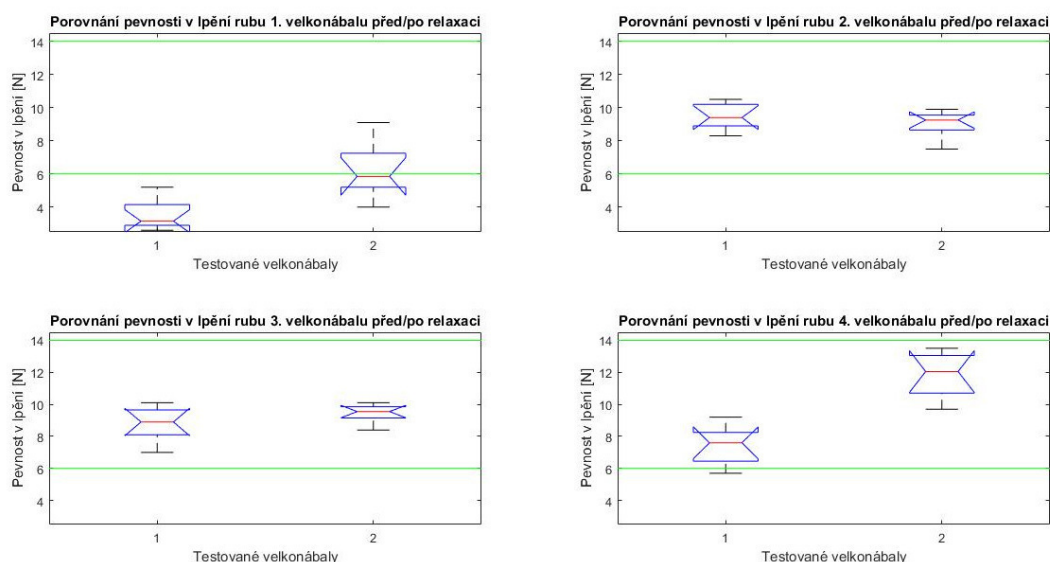
#### Lamiflex 1850 mm × 3 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění rubu a to u všech testovaných velkonábalů. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že pevnost v lpění rubu je po relaxační době vyšší. Tato skutečnost pevnost v lpění rubu posune výše do tolerance.

### 9.2 Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Tabulka č. 41: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábal	8.2	5	4	6.3	5.4	5.5	6.2	9.1
2. Velkonábal	7.5	9.1	9.5	8.9	9.4	8.4	9.9	9.6
3. Velkonábal	9.5	9.8	10.1	8.9	9.4	8.4	9.9	9.6
4. Velkonábal	13.5	12.6	13.1	11.1	11.5	9.7	10.3	13



Obrázek č. 50: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci,

Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Pro zobrazení naměřených dat tloušťky byly zvoleny krabicové grafy s vrubem. Vzhledem k tomu, že se vruby v případech 1. a 4. velkonábalu nepřekrývají, lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy v těchto dvou případech. U 2. a 3. velkonábalu se vruby překrývají, lze tedy předpokládat nezamítnutí nulové hypotézy. Hodnoty v lpění rubu se nacházejí až na první měřený velkonábal v toleranci.

Tabulka č. 42: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm

Porovnávané velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	14	1.3852	2.145	-3.8802	3.8802	Zamítáme H0
2.před × 2.po	14	0.7725	2.145	1.1327	1.1327	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	14	0.8594	2.145	-1.5127	1.5127	Nezamítáme H0
4.před × 4.po	14	1.3109	2.145	-6.7320	6.7320	Zamítáme H0

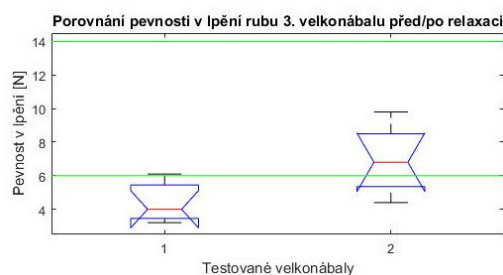
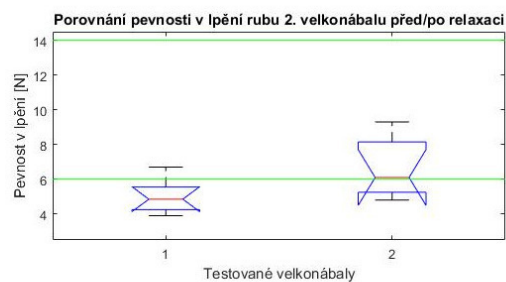
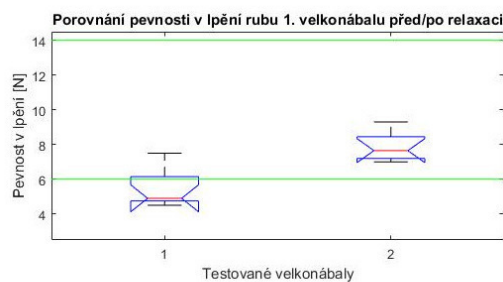
### 9.2.1 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2.5 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění lícu a to u 1. a 4. velkonábalu. U druhého a třetího testovaného velkonábalu nebyl zjištěn vliv relaxace na pevnost v lpění lícu. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že pevnost v lpění lícu je po relaxační době vyšší. Tato skutečnost posunula hodnoty lpění prvního měřeného velkonábalu do tolerance.

### 9.3 Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2.2mm

Tabulka č. 43: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábal	9.3	8.1	7.4	7.1	7	7.3	7.9	8.8
2. Velkonábal	9.1	6.8	5.4	5.2	5.3	4.8	7.2	9.3
3. Velkonábal	9.8	7.3	6.9	6.7	4.4	4.7	6	9.7



Obrázek č. 51: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci,

Caligen 2060 mm × 2.2 mm



Pro zobrazení naměřených dat pevnosti v lpění rubu byly zvoleny krabicové grafy s vrubem. Vzhledem k tomu, že se vruby ve všech případech nepřekrývají, lze předpokládat zamítnutí nulové hypotézy ve všech případech.

Tabulka č. 44: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm

Porovnávané velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T  > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	14	0.9509	2.145	-5.0742	5.0742	Nezamítáme H0
2.před × 2.po	14	1.4310	2.145	-2.3061	2.3061	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	14	1.6267	2.145	-3.1351	3.1351	Nezamítáme H0

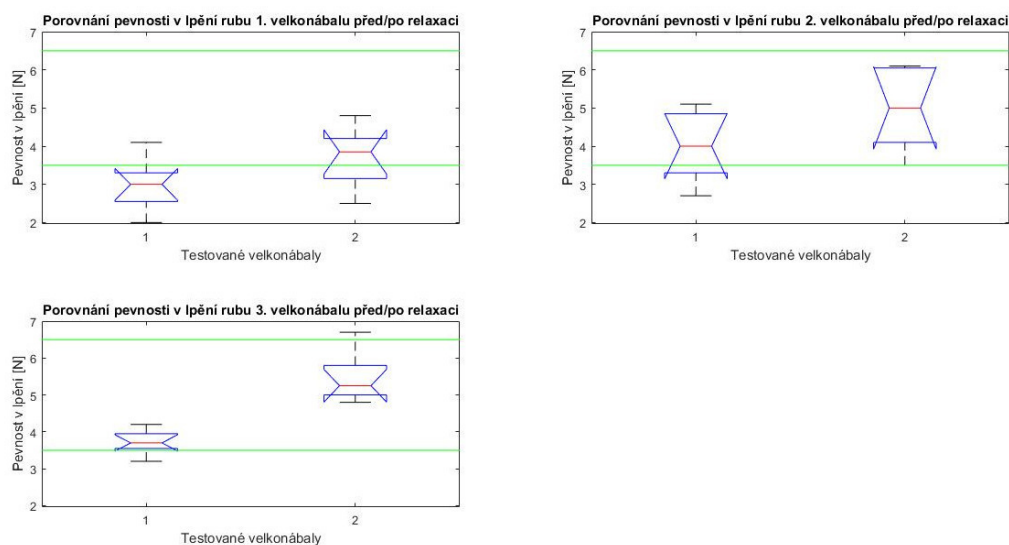
### 9.3.1 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění rubu a to u všech testovaných velkonábálů. V průběhu tohoto experimentu bylo rovněž zjištěno, že pevnost v lpění rubu je po relaxační době vyšší. Tato skutečnost pevnost v lpění rubu posune do tolerance dané normou, ale pouze kolem spodní meze dané normou.

## 9.4 Testování dat lpění rubové strany laminátu, Caligen 2060mm × 3mm

Tabulka č. 45: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm

Pevnost v lpění rubu (N)								
1. Velkonábál	4	4.1	4.8	4.3	3.5	2.8	2.5	3.7
2. Velkonábál	6	6.1	5.1	4.9	4.2	4	3.5	6.1
3. Velkonábál	6.7	5	4.8	5.5	5.9	5.7	5	5



Obrázek č. 52: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci,

Caligen 2060 mm × 3 mm

Pro zobrazení naměřených dat lpění rubu před a po relaxaci byly zvoleny krabicové grafy s vrubem. Vzhledem k tomu, že se vruby nepřekrývají pouze u třetího měřeného velkonábalu. Lze tedy předpokládat zamítnutí nulové hypotézy pouze v tomto případě.

Tabulka č. 46: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 3 mm

Porovnávané velkonábaly	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > $t_{m+n-2}(1-\alpha/2)$
1.před × 1.po	14	0.7083	2.145	-2.0824	2.0824	Nezamítáme H0
2.před × 2.po	14	0.9553	2.145	-2.0412	2.0412	Nezamítáme H0
3.před × 3.po	14	0.5025	2.145	-6.8658	6.8658	Zamítáme H0

#### 9.4.1 Zhodnocení testu lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm

Závěrem testování tohoto výrobku lze říci, že relaxace má vliv na pevnost v lpění rubové textilie laminované textilie a to u všech měřených velkonábalů. U všech měřených velkonábalů posunula relaxace vyrobeného laminátu lpění rubové textilie laminátu výše do výrobní tolerance. V případě třetího měřeného velkonábalu došlo k nejvýraznějšímu vzrůstu pevnosti v lpění rubové části textilie.

Po relaxaci se pevnost v lpění všech velkonábalů posunula do středu výrobní tolerance.

## **10 Návrh optimalizace**

Statistická analýza dat tloušťky laminátů a pevnosti v lpění jednotlivých vrstev laminátu nám ukázala několik důležitých skutečností. Veškeré testované výrobky se potýkají s podobnou vadou. Tloušťka po výrobě těchto výrobků se vesměs vždy nachází na horní výrobní toleranci pro daný výrobek a zároveň pevnost v lpění vrstev se pohybuje na spodní toleranci. Po stanovené době 24 hodin zůstala tloušťka všech testovaných laminátů až na výjimky neměnná. Oproti tomu pevnost v lpění se vždy zvýšila a to do výrobních tolerancí, ve kterých se pohybovala kolem dolní meze. Rovněž bylo zjištěno, že pevnost v lpění stoupá relativně rychle a už po hodině relaxace je výrazně vyšší než ihned po výrobě.

### **10.1 Návrh úpravy výrobních parametrů laminační linky**

Na základě výše zmíněných faktů byly navrženy dva návrhy pro optimalizaci. Prvním bude úprava výrobních parametrů laminační linky. Vzhledem ke skutečnosti, že tloušťka laminátu se pohybuje na horní výrobní hranici a pevnost v lpění vrstev na spodní, bude úprava výrobních parametrů k prodloužení pobytu výrobku v tavící zóně výrobní linky. Tímto krokem dojde k většímu natavení PUR pěny, která by měla zvýšit pevnost v lpění vrstev a rovněž ke snížení tloušťky konečného výrobku. K prodloužení pobytu výrobku v tavící zóně výrobní linky, dojde tak, že bude zpomalena rychlost výroby linky.

### **10.2 Návrh na zkrácení čekajících dob na uvolnění laminované textilie**

Druhým optimalizační návrh musí ve své podstatě navazovat na ten předchozí. Docílení dostatečné pevnosti v lpění vrstev laminované textilie a dosažení odpovídající tloušťky pro každý materiál je pro něj zásadní. Předmětem tohoto optimalizačního návrhu je zkrácení relaxační doby materiálu po výrobě. To umožní efektivnější plánování výroby pro linku plamenné laminace. Po časových intervalech bude měřena pevnost v lpění jednotlivých vrstev laminované textilie a následně bude sledováno, po jaké době se proces relaxace pěny zastaví.

## 11 Návrh optimalizace úpravou výrobních parametrů laminační linky

Na základě předchozích měření bylo zjištěno, že tloušťka jednotlivých výrobků vesměs pohybuje na horní výrobní hranici a relaxace na ní nemá vliv na hladině  $\alpha = 0,05$ . Lpění naopak se po výrobě pohybovalo na spodní výrobní hranici a relaxací se zvyšovala až do výrobních tolerancí. Na tomto základě bylo navrženo, aby při výrobě sledovaných výrobků byla snížena rychlost laminace, za účelem snížení tloušťky výsledné laminované textilie, respektive zvýšení pevnosti v lpění a to jak rubové, tak lící části laminované textilie. Dalším přínosem by mohl být fakt, že tloušťka laminátu se v čase nemění, proto by na základě tohoto znaku jakosti bylo možné regulovat proces výroby laminované textilie.

S ohledem na omezené možnosti zásahu do výroby a výrobní linky laminované textilie byly mezi sebou porovnávány výsledky pouze jednoho druhu laminované textilie. Ve výrobních specifikacích tohoto výrobku je uvedena výrobní rychlost linky 32  $\pm$  3  $m/min$ . Při předchozí výrobě, již dříve měřeného tohoto druhu laminované textilie, byla podle regulační karty nastavena rychlost laminace na 32  $m/min$ . Tato informace však může být zkreslená, protože dle zjištění obsluha laminačního stroje ne vždy tyto regulační karty vyplňuje podle skutečnosti. Pro tento experiment začneme s rychlostí linky 31  $m/min$  a na základě tloušťky prvního naměřeného velkonábalu budeme rychlost upravovat. Prvním výstupem tohoto bude fakt, zda jsme schopni vyrábět stabilně stejnou tloušťku laminátu, která by se pohybovala ve výrobních tolerancích. Druhým výstupem bude měření lpění laminátu s odpovídající tloušťkou dle výrobních specifikací. Klíčové bude zkoumání, zda se lpění takto získaného materiálu pohybuje ve výrobních tolerancích.

Tabulka č. 47: Charakteristika použité PUR pěny, na optimalizaci rychlosti laminační linky

Dodavatel pěny	Tloušťka pěny (mm)	Výrobní tolerance pěny (mm)	Tloušťka laminovaného kusu (mm)	Šířka pěny (mm)
Caligen	2.2	1.9 – 2.5	1.8 – 3.0	2060

### 11.1 Popis použitých přístrojů

Na měření tloušťky bude použit stejný tloušťkoměr, jaký je uvedeno v **kapitole 3.1** (Obr. č. 3, **str. 10**).

Na měření pevnosti v lpění bude použita stejná trhačka (Obr. č. 4) jako v předcházejících pokusech. Popis přístroje viz **kapitola 3.1 (str. 11)**

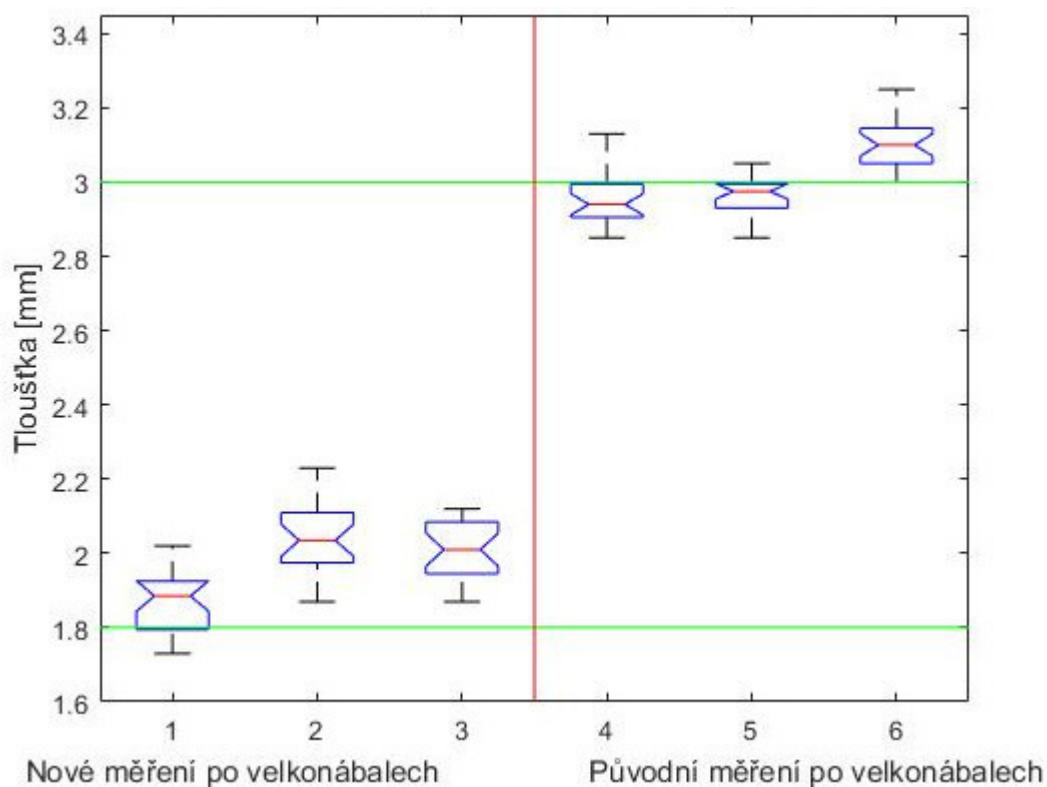
## 11.2 Návrh odběru vzorků

Vzorky budou odebrány stejně, jak je uvedeno v kapitole 3.2 (Obr. č. 6, str. 13).

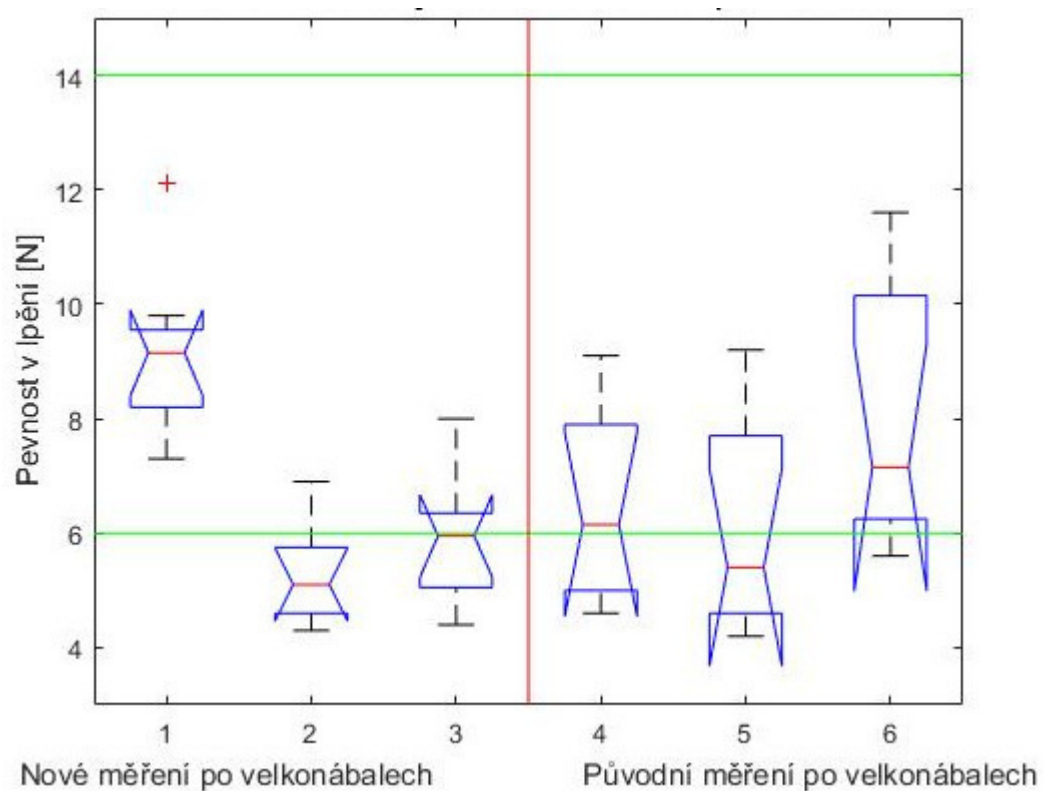
## 11.3 Návrh testování vzorků

U každého odebraného vzorku bude měřena tloušťka, pevnost v lpění lící i rubové textilie laminované textilie [9]. Všechny naměřené hodnoty budou zapsány do příslušné tabulky.

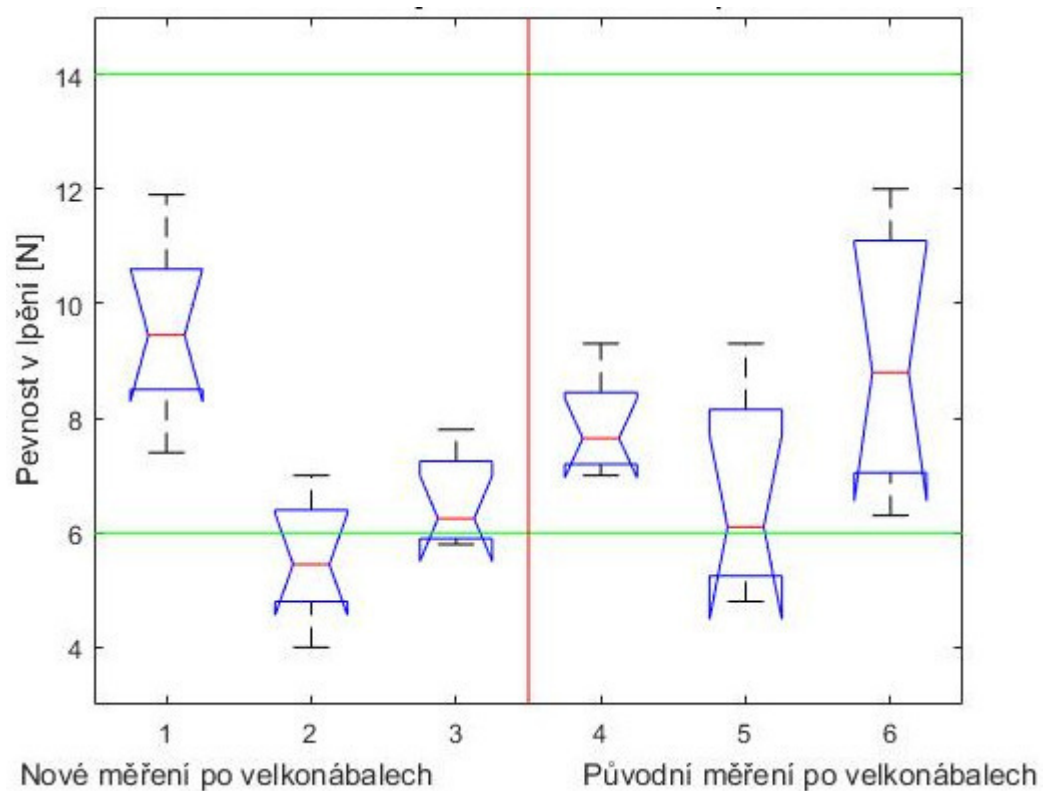
Získaná data tloušťky a lpění vrstev (rub i líc) budou pouze vizuálně porovnána s daty naměřenými dříve na stejném typu laminované textilie. K tomuto účelu budou použity krabicové grafy s vrubem.



Obrázek č. 53: Porovnání dat tloušťky laminované textilie, po a před zpomalení výrobní linky



Obrázek č. 54: Porovnání dat lpění lícu laminované textilie, po a před zpomalení výrobní linky



Obrázek č. 55: Porovnání dat lpění rubu laminované textilie, po a před zpomalení výrobní linky

## 11.4 Zhodnocení úpravy výrobních parametrů laminační linky

Optimalizace rychlosti výroby laminované textilie se projevilo na snížení tloušťky laminátu. Naměřené hodnoty tloušťky se pohybují ve výrobních tolerancích a blíží se spodní hranici. Snížení rychlosti se tedy pozitivně projevilo na snížení tloušťky výsledné laminované textilie sledovaného druhu.

Předpoklad, že snížení rychlosti laminované textilie se pozitivně projeví i na pevnosti v lpění jednotlivých vrstev laminované textilie se nepotvrdil. Krom prvního měřeného velkonábalu se pevnost v lpění rubu i lícu laminované textilie pohybuje na spodní výrobní toleranci. V případě druhého měřeného velkonábalu se pevnost v lpění lící textilie dokonce pohybuje pod spodní hranicí výrobní tolerance. Za zmínku stojí i snížení rozptylu naměřené pevnosti v lpění lícu i rubu laminované textilie v případě měření nových vzorků (s upravenou rychlostí laminace).

Na základě, této vizuální analýzy jsme dokázali, že rychlost laminace má pozitivní vliv na tloušťku sledované laminované textilie. Překvapivě se ale neprojevila pozitivně na pevnosti v lpění rubu i lícu laminované textilie. Toto mohlo být způsobeno použitím jiné výrobní šarže použité PUR pěny s různými vlastnostmi než pěna použitá při měření původních dat. Tuto skutečnost však není možno prokázat, jelikož PUR pěna neprochází žádnou vstupní kontrolou.

## 12 Návrh optimalizace zkrácením čekacích dob na uvolnění materiálu

Při měření okamžité pevnosti v lpění jednotlivých vrstev materiálu došlo ke zjištění, že lpění po výrobě zraje poměrně rychle. Cílem tohoto testování je zjistit, zda je nutné, aby vyrobená laminovaná textilie zrála 24 h, či zda laminovaná textilie nedosahuje požadované pevnosti v lpění již dříve a dále už se nezvyšuje (nezraje). Předmětem tohoto testování budou jak pro líc, tak i rub laminované textilie tři skupiny dat. První skupinou bude lpění naměřené ihned po výrobě, druhou skupinou budou data naměřená 1-1,5 h po výrobě dané vyrobené laminované textilie a třetí skupinou budou data lpění naměřená po 24 h.

S ohledem na omezené možnosti, z důvodu výroby a naplánované výroby byl takto testován pouze jeden druh laminované textilie.

Tabulka č. 48: Charakteristika pěny použité v laminované textili na měření vývoje pevnosti

v lpění vrstev v čase

Název použité pěny v laminátu	Výrobní tolerance hotového laminátu na lpění lícu (N)		Výrobní tolerance hotového laminátu na lpění rubu (N)	
Caligen 2060 mm × 3 mm	2.5	6.5	3.5	6.5

### 12.1 Popis použitých přístrojů

Na měření pevnosti v lpění bude použita stejná trhačka (Obr. č. 4) jako v předcházejících pokusech. Popis přístroje viz **kapitola 3.1 (str. 11)**.

### 12.2 Návrh odběru vzorků

Vzorky budou odebírány stejně, jak je uvedeno v **kapitole 3.2** (Obr. č. 6).

### 12.3 Návrh testování vzorků

U každého odebraného vzorku bude měřena pevnost v lpění lícni i rubové textilie laminované textilie [9]. Všechny naměřené hodnoty budou zapsány do příslušné tabulky.

Získaná data lpění po předepsané čekací době na uvolnění materiálu (24 h) a data naměřená hodinu, až hodinu a půl po výrobě budou mezi sebou porovnávána, zda je mezi nimi statisticky významný rozdíl. Vzhledem k povaze získaných dat bude použit *dvouvýběrový t-test* [10]. Zvolená hladina významnosti bude standartních  $\alpha = 0,05$ . Testována bude tedy hypotéza:  $H_0 : \mu_1 = \mu_2$  s oboustrannou alternativou  $H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ .



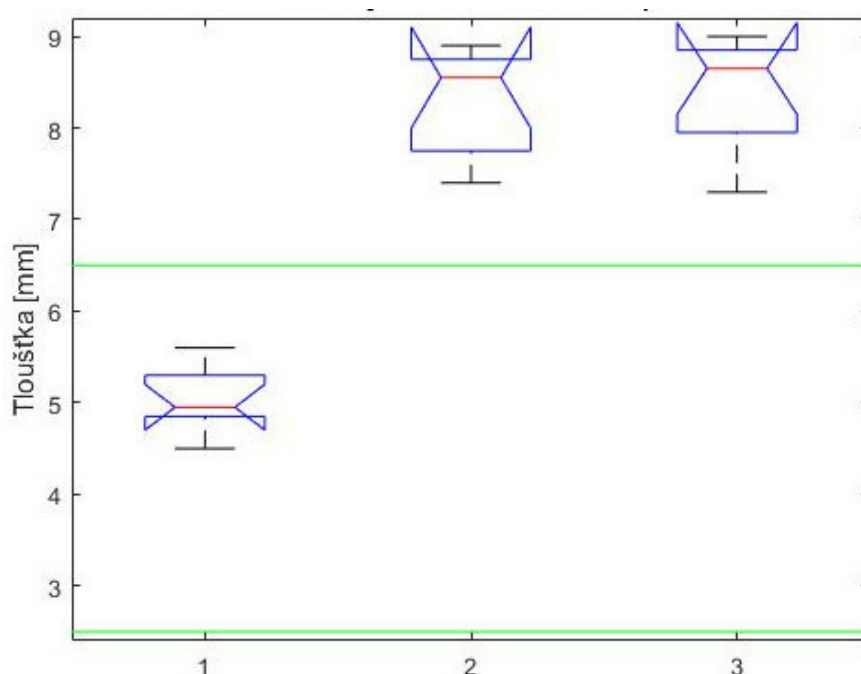
Následně budou data zanesena do krabicových grafů s vrubem a to včetně hodnot naměřených ihned po výrobě.

## 12.4 Testování vývoje pevnosti v lpění lící strany laminátu v čase,

### Caligen 2060 mm × 3 mm

Tabulka č. 49: Naměřené hodnoty pevnosti v lpění lícu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm

Čas testování po výrobě	Pevnost v lpění lícu (N)								
Ihned po výrobě	5	4.8	5.6	4.9	5.3	4.9	5.3	4.5	5
1-1,5 h po výrobě	7.5	8.6	8.5	8	8.7	8.9	8.8	7.4	7.5
Po 24 h	8.5	9	8.6	7.3	8.7	8.9	8.8	7.4	8.5



Obrázek č. 56: Grafické znázornění naměřených skupin dat lpění lícu v čase,

Caligen 2060 mm × 3 mm

Číslo velkonábalu (Obrázek. č. 56) 1. přísluší naměřeným pevnostím v lpění lícu po výrobě. Dvojka obsahuje data naměřená po hodině, až hodině a půl. Třetí velkonábal reprezentuje data naměřená po 24 h.

Tabulka č. 50: Výsledky dvouvýběrového t-testu dat lpění lícu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm

Porovnávané hodnoty lpění lícu	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T  > t <sub>n-1</sub> (1-α/2)
1-1.5 h × 24 h	14	0.6302	1,9917	-0.3174	0.3174	Nezamítáme H <sub>0</sub>

### 12.4.1 Zhodnocení testu vývoje pevnosti v lpění lící strany laminátu v čase,

#### Caligen 2060 mm × 3 mm

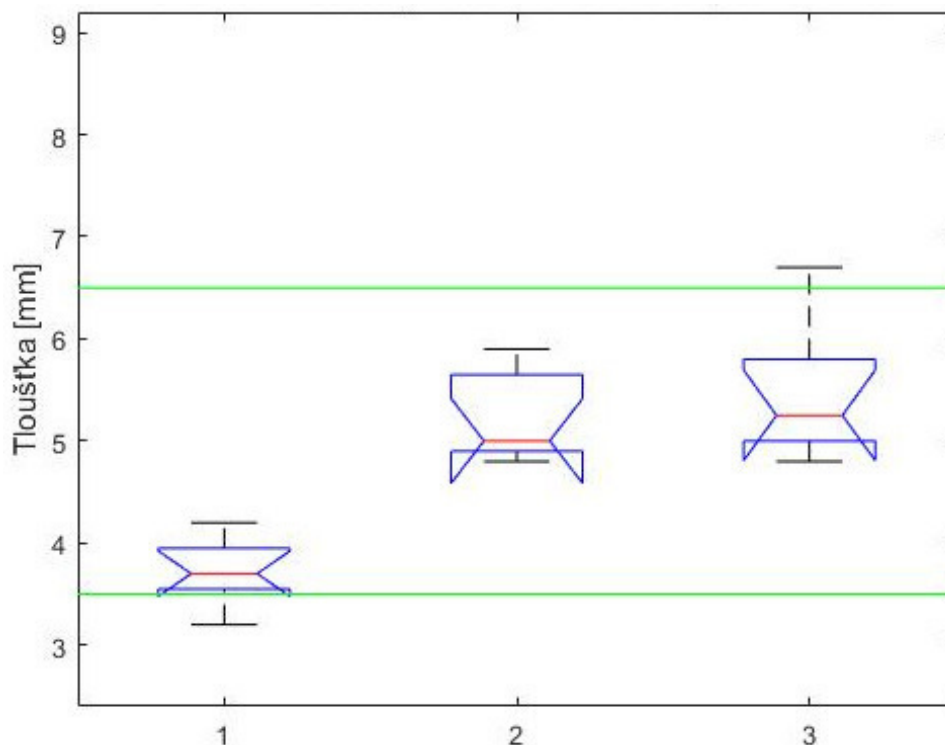
Závěrem testování daného výrobku na vývoj pevnosti v lpění lící strany laminované textilie lze říci, že finální pevnost v lpění lící strany laminované textilie nabývá materiál již už po 1 – 1.5 hodině od laminace daného výrobku. Naměřené hodnoty v lpění lícu po předepsaných 24 h na relaxaci laminované textilie se statisticky neliší od těch naměřených po 24 h na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

### 12.5 Testování vývoje pevnosti v lpění rubové strany laminátu v čase,

#### Caligen 2060 mm × 3 mm

Tabulka č. 51: Naměřené hodnoty pevnosti v lpění rubu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm

Čas testování po výrobě	Pevnost v lpění rubu (N)								
Ihned po výrobě	3.5	3.2	3.7	3.9	4.2	4	3.6	3.7	3.5
1-1,5 h po výrobě	5.6	4.8	4.8	5	5.9	5.7	5	5	5.6
Po 24 h	6.7	5	4.8	5.5	5.9	5.7	5	5	6.7



Obrázek č. 57: Grafické znázornění naměřených skupin dat lpění rubu v čase,

Caligen 2060 mm × 3 mm

Číslo velkonábalu (Obr. č. 57) 1. přísluší naměřeným pevnostím v lpění rubu po výrobě. Dvojka obsahuje data naměřená po hodině, až hodině a půl. Třetí velkonábal reprezentuje data naměřená po 24 h.

Tabulka č. 52: Výsledky dvouvýběrového t-testu dat lpění rubu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm

Porovnávané hodnoty lpění rubu	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > t <sub>n-1</sub> (1-α/2)
1-1.5 h × 24 h	14	0.5474	1,9917	-0.8221	0.8221	Nezamítáme H <sub>0</sub>

### 12.5.1 Zhodnocení testu vývoje pevnosti v lpění rubové strany laminátu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm

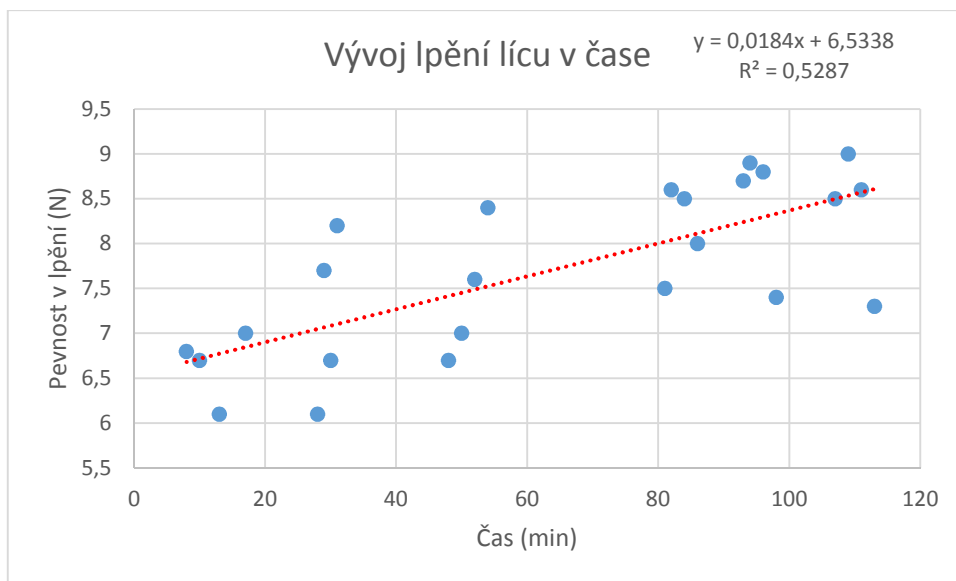
Závěrem testování daného výrobku na vývoj pevnosti v lpění rubové strany laminované textilie lze říci, že finální pevnost v lpění rubové strany laminované textilie nabývá materiál již už po 1 – 1.5 hodině od laminace daného výrobku. Naměřené hodnoty v lpění rubu po předepsaných 24 h na relaxaci laminované textilie se statisticky neliší od těch naměřených po 24 h na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$ .

### 12.6 Závěr optimalizace zkrácením čekacích dob na uvolnění materiálu

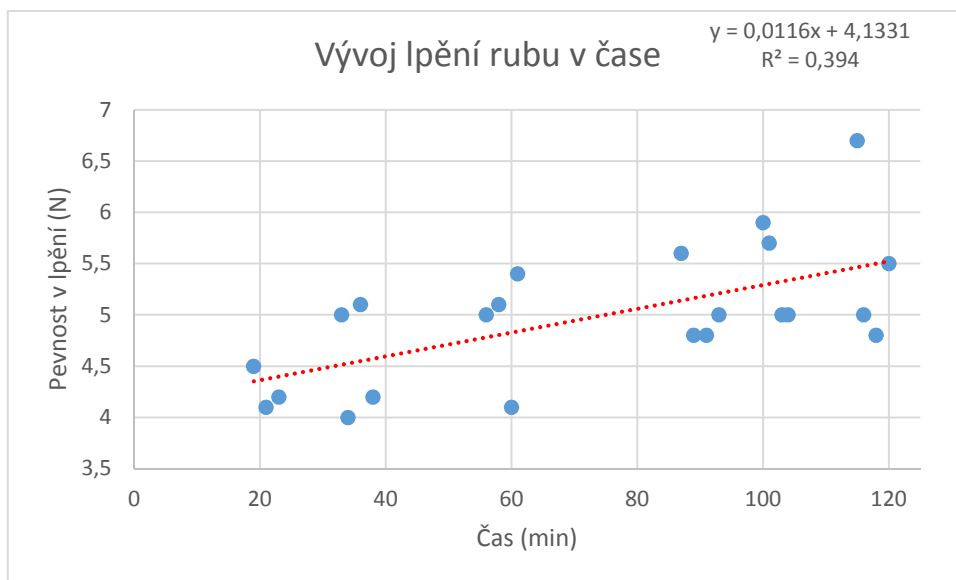
Závěrem lze říci, že lpění lící i rubové strany laminované textilie u sledovaného materiálu nabývalo své maximální hodnoty již po 1.5 hodině od výroby. Sledovaná vyrobená laminovaná textilie by tedy šla uvolnit dříve a to již 1.5 hodiny po výrobě.

Je potřeba zdůraznit, že dříve by šel materiál uvolnit, pokud by se měřila v rámci Atestu pouze pevnost v lpění jednotlivých vrstev.

V grafech níže je patrné, jak se vyvíjela pevnost v lpění v závislosti na čase od výroby laminované textilie (Obr. č. 58., 59.). V těchto grafech je znázorněn vývoj v lpění lícu i rubu laminované textilie pouze za 120 min. vývoj po tento čas je popsán lineárním modelem. Pokud by bylo sledováno měření po delší dobu, než dobu 120 min, došlo by po čase k ustálení hodnot pevnosti v lpění a lineární model by dále nebyl vhodný pro popis vývoje pevnosti v lpění obou vrstev.



**Obrázek č. 58: Bodový graf vývoje lpění lícu laminátu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm**



**Obrázek č. 59: Bodový graf vývoje lpění rubu laminátu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm**

### 13 Test rozdílů mezi měřidly tloušťky

Předmětem tohoto testování budou dvě skupiny dat tloušťky získaných na dvou typech laminované textilie. První skupinou budou data tloušťky naměřená na tloušťkoměru přímo ve výrobě na dostupném analogovém tloušťkoměru. Druhá skupina dat bude měřena na tloušťkoměru digitálním dostupným v laboratoři. Výsledkem tohoto testování bude analýza, zda se naměřená data na různých tloušťkoměrech liší.

Následovat bude porovnání dat tloušťky naměřených na stejných vzorcích různými operátory. Testovány budou skupiny dat tloušťky naměřené na tloušťkoměru, který se nachází ve výrobě. Důvod tohoto testování je jednoduchý a to sice zjištění zda operátoři ve výrobě měří, respektive manipulují s daným tloušťkoměrem dobře za účelem získání správných dat tloušťky.

Testovány budou dvě skupiny vzorků rozdělených podle použité pěny (viz Tab. č. 52).

Tabulka č. 53: Tabulka testovaných druhů laminátu

Název použité pěny v laminátu	Tloušťka pěny (mm)	Výrobní tolerance hotového laminátu (mm)
ARUN 3,2	3,2	2,6-3,8
SLY UNI	6,7	5-7

#### 13.1 Popis použitých přístrojů

Vzhledem ke sledovanému znaku jakosti k měření, tj. tloušťka laminované textilie budou použity následující dva tloušťkoměry. Prvním je tloušťkoměr s digitálním úchylkoměrem (Obr. č. 59), nacházející se ve výstupní laboratoři. Tento přístroj byl vyroben roku 2002, datum kalibrace je datováno k 18. 08. 2017. Použité přitlačné závaží bude mít hmotnost podle testovací normy na měřené výrobky 180 g.



**Obrázek č. 60: Digitální tloušťkoměr dostupný v laboratoři**

Druhý použitý tloušťkoměr bude s analogovým úchylkoměrem (Obr. č. 60), nacházející se ve výrobě. Typ, výrobce a rok výroby se bohužel nepodařilo dohledat. Datum kalibrace přístroje je rovněž 18. 06. 2017. Použité závaží ve výrobě má váhu 75 g.



**Obrázek č. 61: Analogový tloušťkoměr dostupný ve výrobě**

### 13.2 Návrh odběru vzorků

Odběr vzorků na tento test se řídil dle instrukcí od konzultantky z Adient Strakonice. Z dostupných ústřihů laminátu odebraných ihned ve výrobě na testování okamžité pevnosti laminátu bylo odebráno co nejvíce vzorků. Vzorky pro tento experiment byly odebrány ve tvaru koleček o průměru  $11,5\text{ mm}$  po celé šíři odebraných ústřihů. Vzorky byly odebrány už relaxovaného materiálu a každý z nich byl očíslován.

### 13.3 Návrh testování vzorků

U každého z vzorků bude měřena tloušťka ve středu daného vzorku a to jak na tloušťkoměru ve výrobě, tak v laboratoři. Všechny naměřené hodnoty budou zapsány do příslušné tabulky. V případě laminátu s pěnou ARUN se bude jednat o 77 dat tloušťky a u laminátu s pěnou SLY UNI bude naměřeno 66 dat tloušťky.

Získaná data tloušťky z obou vybraných tloušťkoměrů budou mezi sebou porovnána, zda je mezi nimi statisticky významný rozdíl. K tomuto účelu bude vzhledem k povaze získaných dat použit *párový t-test* [10]. Zvolená hladina významnosti bude standartních  $\alpha = 0,05$ . Testována bude tedy hypotéza:  $H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0$  s oboustrannou alternativou  $H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0$ .

Následně budou data zanesena do spojnicového grafu pro vizuální porovnání naměřených hodnot. Zeleně budou v každém grafu zobrazeny výrobní tolerance.

Testová statistika [10]:

$$T = \frac{\bar{X} - \mu_0}{S} \cdot \sqrt{n}$$

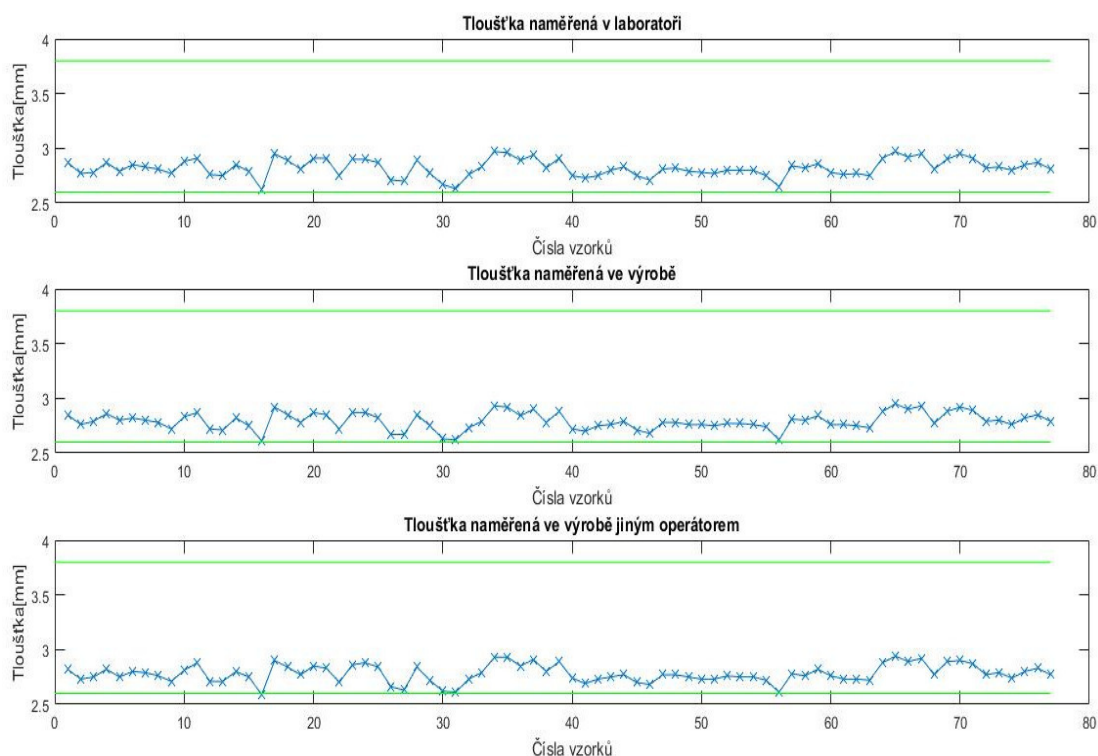
kde  $\bar{X}$  je výběrový průměr,  $S$  je výběrová směrodatná odchylka,  $\mu_0$  je předpoklad o  $\mu$ ,  $n$  je rozsah výběrů. Kritická hodnota  $t_{n-1}(\mathbf{p})$ , kde  $\mathbf{p} = (1 - \frac{\alpha}{2})$  se určí z tabulek *Studentova rozdělení*. Bude-li platit stav níže, dojde k zamítnutí nulové hypotézy a přijmutí alternativní hypotézy.

$$|T| > t_{n-1}(\mathbf{p}), \text{ kde } \mathbf{p} = (1 - \frac{\alpha}{2})$$

### 13.4 Testování tloušťky laminátu ARUN 3,2

Tabulka č. 54: Výsledky testování ARUN 3,2

Porovnávání tloušťky	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > t <sub>n-1</sub> (1-α/2)
Laboratoř × Výroba	76	0,0131	1,9917	19,3442	19,3442	Zamítáme H <sub>0</sub>
Výroba × Výroba (jiný operátor)	76	0,0144	1,9917	7,5801	7,5801	Zamítáme H <sub>0</sub>



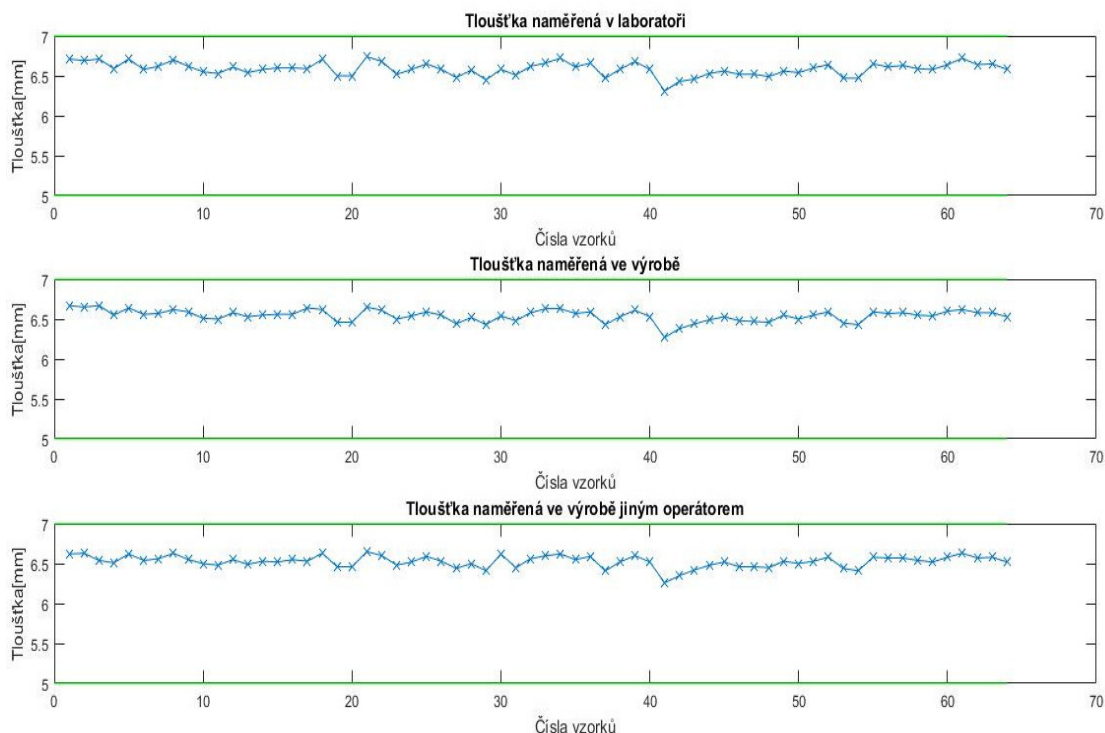
Obrázek č. 62: Naměřená data tloušťky ARUN 3,2

### 13.5 Testování tloušťky SLY UNI

Tabulka č. 55: Výsledky testování SLY UNI

Porovnávání tloušťky	Stupně volnosti	Odhad sd	Kritická hodnota t-rozdělení	T	T	T   > t <sub>n-1</sub> (1-α/2)
Laboratoř × Výroba	63	0,0223	1,9983	15,5546	15,5546	Zamítáme H <sub>0</sub>
Výroba × Výroba (jiný operátor)	63	0,0144	1,9983	5,2166	5,2166	Zamítáme H <sub>0</sub>





Obrázek č. 63: Naměřená data tloušťky SLY UNI

### 13.6 Zhodnocení testu rozdílů mezi měřidly tloušťky

Závěrem tohoto testování lze říci, že rozdíl mezi naměřenými tloušťkami na jednotlivých měřidlech je na hladině  $\alpha = 0,05$  je statisticky významný. Důvodem tohoto tvrzení je zamítnutí nulové hypotézy v obou případech testování (SLY UNI, ARUN). Lze tedy předpokládat, že i u dalších výrobků budou tyto tloušťkoměry ukazovat statisticky významné odchylky.

Rovněž bylo zjištěn statisticky významný rozdíl naměřených dat tloušťky měřených na tloušťkoměru ve výrobě, pokud stejné vzorky měří dva různí operátoři. Na tomto základě můžeme uvažovat, že i proškolení pracovníci na tomto měřidle mohou naměřit pokaždé jiné tloušťky na stejných vzorcích laminované textilie.

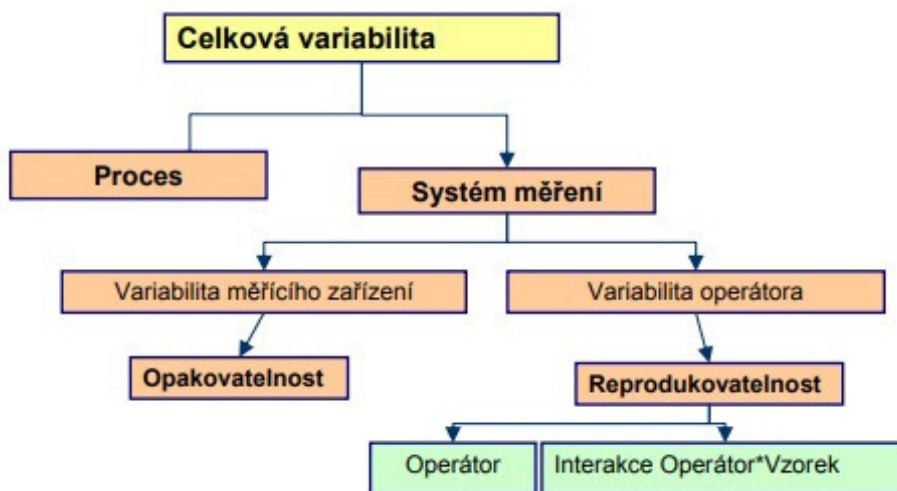
Oproti tomu co bylo zmíněno výše, nelze však opomenout že rozdíly mezi měřeními byli naprosto minimální. Po zobrazení jednotlivých řad dat do spojnicového grafu je na první pohled patrná podobnost naměřených řad dat, v porovnání pro tento pokus směrodatnou řadu dat (naměřená na digitálním tloušťkoměru v laboratoři). Je potřeba tedy projednat se zástupcem firmy Adient projednat, zda tento rozdíl mezi řadami dat, byť statisticky významný, je pro ně ovlivňující faktor na kontrolu kvality sledovaného znaku jakosti tj. tloušťka laminátu. Závěrem bylo doporučeno o vybavení výrobní linky laminované textilie stejným tloušťkoměrem, jaký se vyskytuje v laboratoři.

## 14 MSA – Analýza systému měření

Z důvodu problémových výsledků měření hotového, již zalaminovaného materiálu a pro zjištění zda jsou pro firmu Adient naměřené hodnoty relevantní je nutné provést analýzu systému měření. Tuto analýzu je třeba provést ze dvou důvodů. Prvním je zjištění, zda všichni pověřeni operátoři měří „stejně“ a zda jsou schopni tyto výsledky opakovat při měření stejných vzorků na stejném přístroji. Směrodatným znakem jakosti pro tuto analýzu bude tloušťka již zalaminovaného materiálu.

Pro tuto analýzu budou použita data tloušťky měřená na dvou různě tlustých laminovaných výrobcích. Každý soubor bude čítat 30 vzorků, dohromady tedy 60. Měřit budou 3 operátoři a to každý soubor vzorků dvakrát. Vzorky byly vybrány ze vzorků použitých na předchozí analýzu měřidel. A to vždy deset s dříve naměřenou nejvyšší tloušťkou, respektive nejmenší. Posledních deset bylo pak vybráno ze zbývajících vzorků. Pro zpracování této analýzy byl zvolen jiný software a to sice MiniTab [14].

Při analýze systému měření se setkáme se dvěma problémy. A to sice s variabilitou měřicího zařízení a variabilitou operátora [13] (viz. Obr. 63).



Obrázek č. 64: Schéma analýzy systému měření MSA [13]

## 14.1 MSA analýza materiálu SLY UNI

### Gage R&R Study - ANOVA Method

#### Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Vzorek (S)	29	2,39416	0,0825571	342,784	0,000
Operátor (S)	2	0,00150	0,0007489	3,109	0,052
Vzorek (S) * Operátor (S)	58	0,01397	0,0002408	5,630	0,000
Repeatability	90	0,00385	0,0000428		
Total	179	2,41347			

$\alpha$  to remove interaction term = 0,05

Obrázek č. 65: Výsledky analýzy MSA SLY UNI

Interakce mezi měřenými vzorky a operátory je významná.  $P$  – hodnota tohoto parametru je menší než 0,05.

#### Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0001503	1,08
Repeatability	0,0000428	0,31
Reproducibility	0,0001075	0,78
Operátor (S)	0,0000085	0,06
Operátor (S)*Vzorek (S)	0,0000990	0,71
Part-To-Part	0,0137194	98,92
Total Variation	0,0138697	100,00

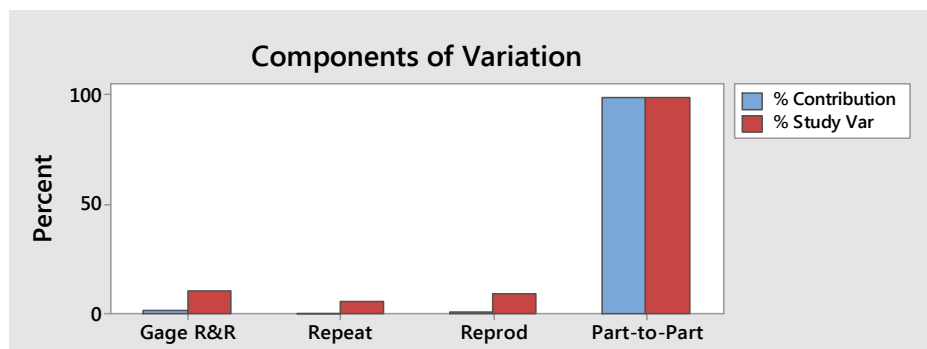
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,012259	0,073553	10,41
Repeatability	0,006540	0,039243	5,55
Reproducibility	0,010368	0,062209	8,80
Operátor (S)	0,002910	0,017459	2,47
Operátor (S)*Vzorek (S)	0,009952	0,059709	8,45
Part-To-Part	0,117130	0,702778	99,46
Total Variation	0,117770	0,706617	100,00

Number of Distinct Categories = 13

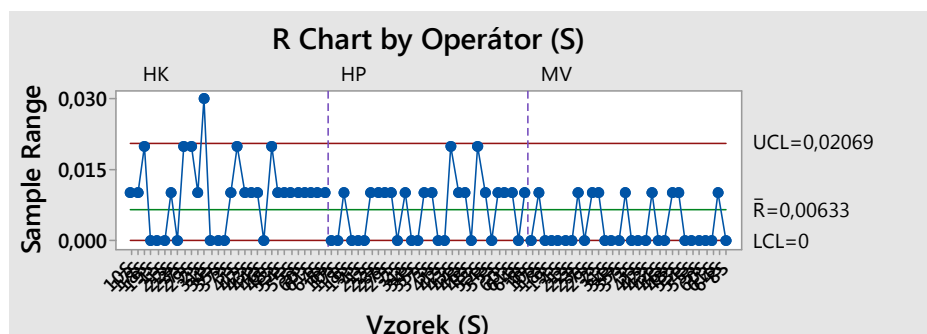
Obrázek č. 66: Výsledky analýzy MSA SLY UNI

Dalším parametrem této analýzy je chyba měřicího systému je 10,41% což je akceptovatelné. Měření díly mají mezi sebou 99,46% rozdíl. Celkový počet rozdílných kategorií je vyšší, než 5 což je v pořádku.

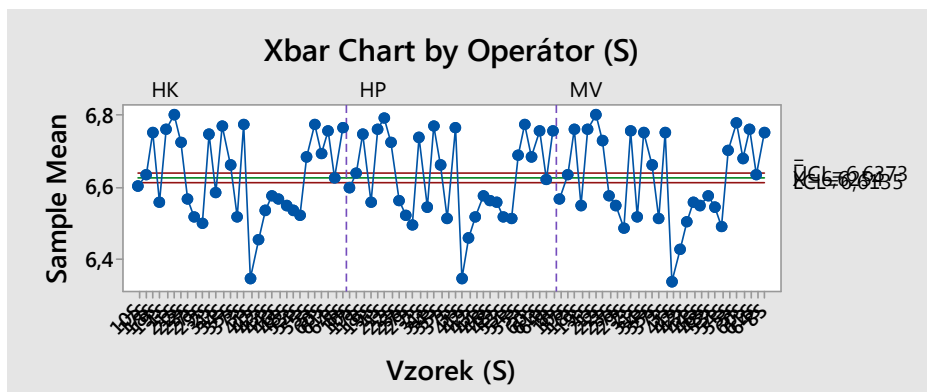
V diagramu rozsahu níže je patrné že jedna hodnota vybočuje z tolerance a to sice vzorek č. 31 SLY UNI.



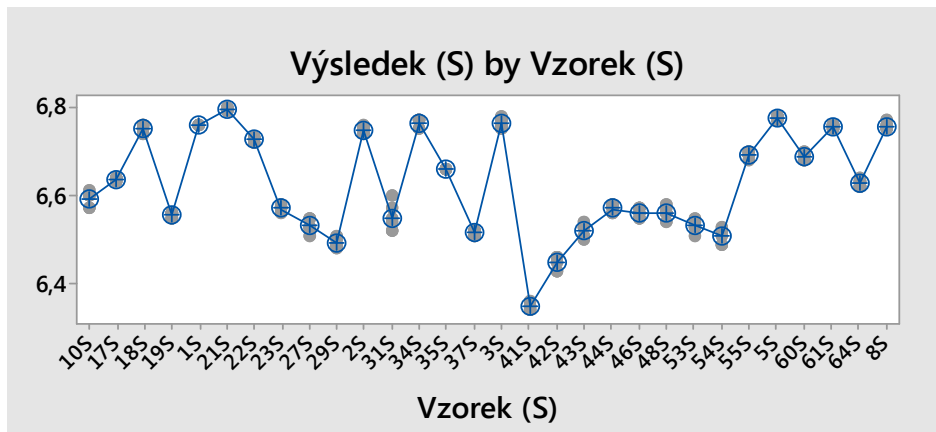
Obrázek č. 67: Grafické výsledky MSA SLY UNI, části variability MSA



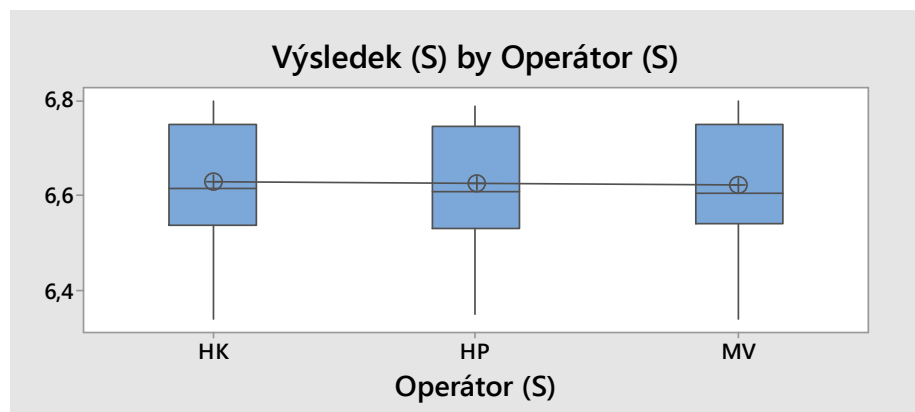
Obrázek č. 68: Grafické výsledky MSA SLY UNI, graf rozpětí dle operátorů



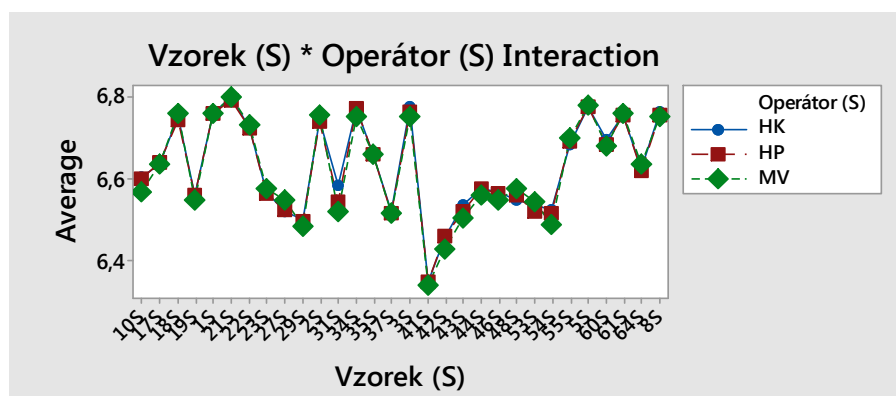
Obrázek č. 69: Grafické výsledky MSA SLY UNI, graf  $\bar{x}$  dle operátorů



Obrázek č. 70: Grafické výsledky MSA SLY UNI, výsledky měření podle vzorku



Obrázek č. 71: Grafické výsledky MSA SLY UNI, krabicové grafy měření dle operátorů



Obrázek č. 72: Grafické výsledky MSA SLY UNI, interakce vzorek  $\times$  operátor

## 14.2 MSA analýza materiálu ARUN

### Two-Way ANOVA Table With Interaction

Source	DF	SS	MS	F	P
Parts	29	2,29590	0,0791691	306,279	0,000
Operators	2	0,00067	0,0003372	1,305	0,279
Parts * Operators	58	0,01499	0,0002585	1,381	0,084
Repeatability	90	0,01685	0,0001872		
Total	179	2,32842			

$\alpha$  to remove interaction term = 0,05

Obrázek č. 73: Výsledky analýzy MSA ARUN

Interakce mezi měřeními vzorky a operátory je statisticky nevýznamná.  $p$  – hodnota tohoto parametru je menší než 0,05.

### Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0002172	1,62
Repeatability	0,0002152	1,61
Reproducibility	0,0000020	0,02
Operators	0,0000020	0,02
Part-To-Part	0,0131590	98,38
Total Variation	0,0133762	100,00

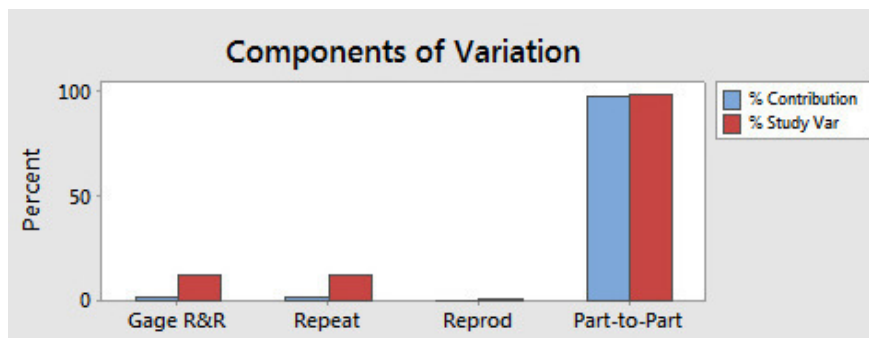
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,014737	0,088423	12,74
Repeatability	0,014668	0,088008	12,68
Reproducibility	0,001426	0,008558	1,23
Operators	0,001426	0,008558	1,23
Part-To-Part	0,114713	0,688276	99,18
Total Variation	0,115655	0,693932	100,00

Number of Distinct Categories = 10

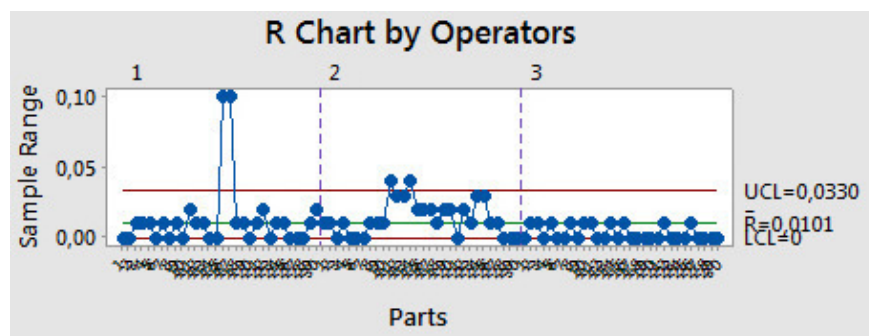
Obrázek č. 74: Výsledek analýzy MSA ARUN

Dalším parametrem této analýzy je chyba měřicího systému je 12,74% což je akceptovatelné. Měřené díly mají mezi sebou 99,18% rozdíl. Celkový počet rozdílných kategorií je vyšší, než 5 což je v pořádku.

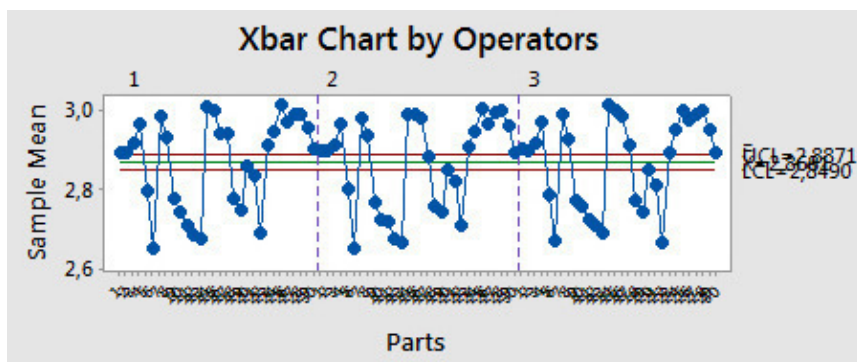
V diagramu rozsahu níže je patrné, že dvě hodnoty vybočují z tolerance a to sice vzorky č. 37 a č. 38 ARUN u operátora jedna. Ve stejném diagramu u druhého operátora vybočují měření tloušťky vzorků č. 27 a č. 34 ARUN



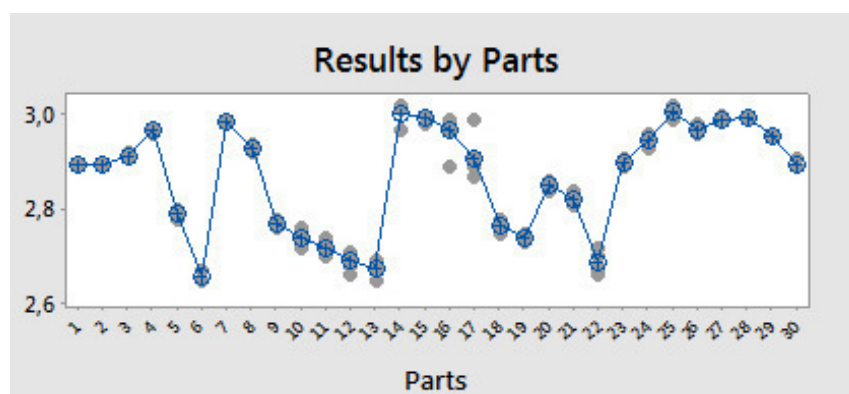
Obrázek č. 75: Grafické výsledky MSA ARUN, části variability MSA



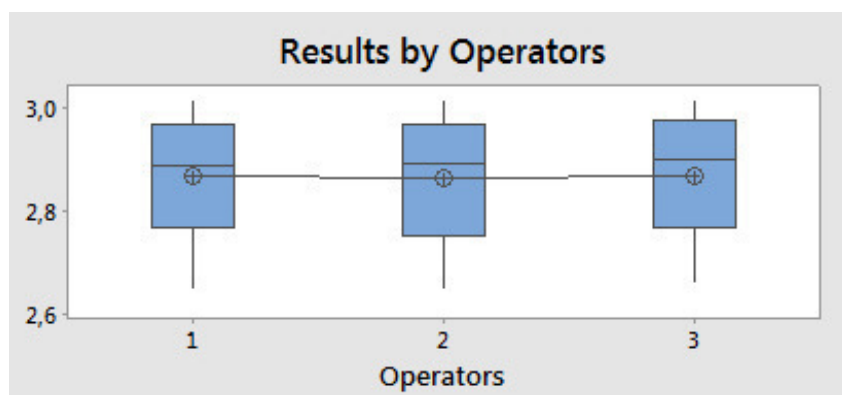
Obrázek č.: 76: Grafické výsledky MSA ARUN, graf rozpětí dle operátorů



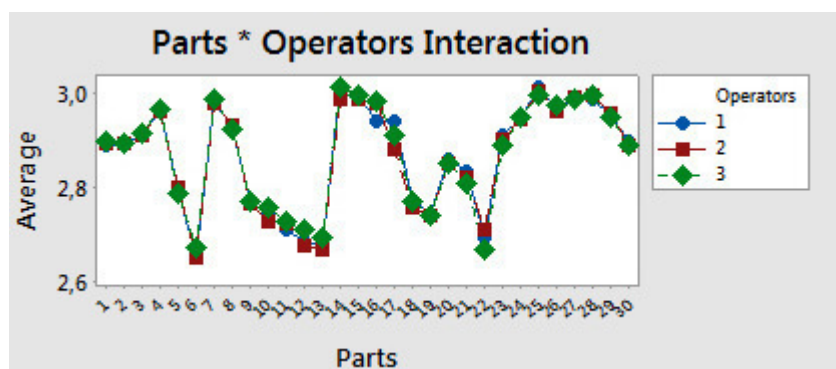
Obrázek č.: 77: Grafické výsledky MSA ARUN, graf  $\bar{x}$  dle operátorů



Obrázek č.: 78: Grafické výsledky MSA ARUN, výsledky měření podle vzorku



Obrázek č.: 79: Grafické výsledky MSA ARUN, krabicové grafy měření dle operátorů



Obrázek č.: 80: Grafické výsledky MSA ARUN, interakce vzorek  $\times$  operátor

### 14.3 Zhodnocení MSA analýzy SLY UNI a ARUN

Provedená analýza ukázala několik detekovaných chyb. V první řadě jedno vychýlené měření u vzorku číslo 31. druhu SLY UNI. U materiálu ARUN jsou vychýlená čtyři měření. U prvního operátora vzorky číslo 37. a 38. Další dvě vybočující měření u druhého operátora s číslem 27. a 34.

Zpětná analýza měření ukázala pochybení v postupu měření. A to sice nenulování měřidla po každém měření. Měřidlo se totiž nenuluje automaticky a je zapotřebí ho nulovat ručně. Následovat bude analýza zapsaného postupu měření, zda obsahuje bod o nulování měřidla po každém měření.

Rovněž bylo zjištěno, že použité měřidlo, při příliš častém nulování působí chybu v rozmezí až  $\pm 0,8 \text{ mm}$ . Tento fakt způsobuje, že na jednom měřeném vzorku je schopen stejný operátor naměřit při opakovaném měření pokaždé jinou hodnotu. Při tomto zjištění byla zkontrolována, kdy proběhla kalibrace tloušťkoměru. Tloušťkoměr prošel kalibrací a kontrolou v pořádku 21. 1. 2018. Na tomto základě byl předán návrh na výměnu laboratorního měřidla za nové. Není totiž možno, aby se na tomto měřidlo měřilo dále v rámci výstupní kontroly znaků jakosti. Mohlo by totiž docházet k NOK výsledkům na tloušťku i přes fakt, že výrobek je OK na tloušťku a naopak.



## **Závěr**

Tato diplomová práce se zabývala optimalizací procesu výroby laminované textilie pro firmu Adient Strakonice s. r. o. Účelem této optimalizace bylo zvýšení kvality vybraných parametrů laminované textilie pro automobilové sedačky. Sledovanými znaky jakosti laminované textilie byla její tloušťka a pevnost v lpení jednotlivých vrstev laminované textilie. Důvodem pro zaměření na tyto dva znaky jakosti byl fakt, že s garancí jejich přesnosti zákazníkům má firma Adient Strakonice s. r. o. největší problém. Dle informací firmy se naměřené hodnoty těchto znaků jakosti měnili v závislosti na čase. Jednoduše řečeno ihned po výrobě měla laminovaná textilie zmiňované znaky jakosti v pořádku, následné měření po relaxaci textilie (24 h) ukázalo opak. Technologie výroby sledovaných laminovaných textilií byla vždy plamenná laminace.

Cílem práce byla je návrh optimalizace procesu výroby laminované textilie. K splnění tohoto cíle bylo nutné zvolit vhodnou metodiku odběru vzorků laminované textilie a to s ohledem na minimální zásah do výroby. Toto omezení se týkalo zejména omezeného zásahu do již vyrobené laminované textilie. Možnost odběru reprezentativních vzorků byla tedy firmou Adient Strakonice s. r. o. značně omezena. Takto odebrané vzorky bylo nutné dále otestovat podle vnitřních norem firmy a navrhnout vhodnou metodiku testování takto naměřených dat.

Firma vyrábí velké množství druhů laminované textilie, lišících se použitými laminačními komponenty. V prvním bodě praktické části této diplomové práce bylo nutné se rozhodnout, na základě kterých měřených druhů laminované textilie bude optimalizace výroby probíhat. Po konzultaci s firmou bylo vybráno 6 různých laminovaných textilií pro měření. Tyto zvolené výrobky se liší převážně v použité PUR pěně (různé tloušťky, dodavatel) a firma je vyrábí velkoobjemově (tisíce metrů měsíčně). Z těchto šesti vytipovaných výrobků došlo k měření pouze čtyř, z důvodu naplánované výroby.

Stěžejní část práce má dva body. V první řadě se problémové znaky jakosti mění v průběhu výroby sledovaných druhů laminované textilie. Druhým bodem bylo zkoumání, zda se hodnoty sledovaných znaků jakosti liší ihned po výrobě sledovaných druhů laminované textilie a po relaxační době (24 h) v laboratorních podmínkách. V této práci došlo ke zjištění, že téměř u všech sledovaných výrobků laminované textilie má firma Adient Strakonice s. r. o. problémy s hodnotami tloušťky

laminátu. Naměřené hodnoty se pohybovaly mimo stanovené výrobní tolerance a to konkrétně nad jejich horní hranicí. Rovněž bylo zjištěno, že mezi naměřenými hodnotami tloušťky ihned po výrobě a následně po relaxační době v laboratorních podmínkách, až na pár výjimek, nebyl statisticky významný rozdíl. Co se týče pevnosti v lpění jednotlivých vrstev sledovaných laminovaných textilií, bylo zjištěno, že ihned po výrobě se pohybují na spodní toleranční mezi pro jakostní výrobek a relaxace sice hodnoty lpění posune do tolerančních mezí, avšak na jejich spodní hranici. Rovněž bylo zjištěno, že lpění jednotlivých vrstev laminátu zraje velmi rychle a nemuselo by tedy být nutné dodržení plných čekacích lhůt na relaxaci hotové laminované textilie.

V další části byly proto navrženy tři návrhy na optimalizaci výroby laminované textilie. První návrh se zabýval zlepšením hodnot měřených znaků jakosti, za docílením menší tloušťky laminované textilie a zvýšením pevnosti v lpění jednotlivých vrstev. Předmětem tohoto návrhu by bylo na základě předchozích naměřených hodnot zpomalení výrobní linky plamenné laminace. Zpomalením výrobní linky, došlo pouze ke zlepšení jednoho z dvou měřených znaků jakosti a to sice tloušťky výsledné laminované textilie. Druhý návrh na optimalizaci se netýkal přímo výroby laminované textilie, zabíral se zkrácením čekacích dob na uvolnění laminované textilie pro laboratorní zkoušku a následnou expedici. Tento návrh by mohl v budoucnu zlepšit efektivitu plánování výroby na lince plamenné laminace a tím šetřit finance firmy. Předmětem této optimalizace bylo sledování vývoje pevnosti v lpění vrstev laminované textilie v závislosti na čase. Došlo ke zjištění, že u konkrétního sledovaného výrobku nebyl mezi naměřenými hodnotami pevnosti v lpění vrstev 90 minut po laminaci statisticky významný rozdíl oproti těm naměřených po 24 hodinách předepsané čekací doby na uvolnění výrobku k laboratorní zkoušce.

Posledním bodem diplomové práce byla analýza měřidel tloušťky a MSA analýza měření tloušťky ve výrobní laboratoři. Závěrem analýzy měřidel byl fakt, že tloušťkoměr používaný ve výrobě pro kontrolu tloušťky laminované textilie, na základě kterých se řídí proces výroby laboratorní textilie, měří jinak, než tloušťkoměr dostupný ve výrobní laboratoři. MSA analýza měření tloušťky výrobní laboratoře ukázala několik chyb měření. Zpětná analýza ukázala pochybení v postupu měření tloušťky laminované textilie jednotlivými operátory. Dalším výstupem byla zjištěna chyba měření měřidla, které při neopatrné manipulaci měří s chybou až 0,8 mm.

V návaznosti na tuto diplomovou práci by bylo možno pokračovat. A to například zkoumání vlivu skladování laminované textilie na tloušťku a pevnost v lpění vrstev, nebo zkoumání vlivu dekomprimace pěn na laminovanou textilií, či navrhnutí vstupní kontroly pro PUR pěnu, která doposud nepodléhá žádné vstupní kontrole.

## Seznam literatury

- [1] Korycki, R., Szafrńska, H. Sensitivity of Temperature Field to Material Parameters within the Clothing Laminate Process. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*. 2014, **22**(105), 83-88.
- [2] Masteikaite, V, Sacevičiene, V. Study on tensile properties of coated fabrics and laminates. *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, 2005, **30**, 267-272.
- [3] Trias, D., García, R., Costa, J., Blanco, N., Hurtado, J. E. Quality control of CFRP by means of digital image processing and statistical point pattern analysis. *Composites Science and Technology*, 2007, **67**, 2438-2446.
- [4] Testik, M. C. Model Inadequacy and Residuals Control Charts for Autocorrelated Processes. *Quality and Reliability Engineering International*. 2005, **21**, 115-130.
- [5] Rudnick, E. S., Mills, W., Statistical Quality Control at Work in a Cotton Mill. *Textile Research Journal*, 1950, 727-734.
- [6] Tunák, M., Bajzík, V., Testik, M. C. Monitoring chenille yarn defects using image processing with control charts. *Textile Research Journal*, 2011, **81**(13), 1344-1353.
- [7] Ertuğrul İ., Aytaç E., Construction of quality control charts by using probability and fuzzy approaches and an application in a textile company. *J Intell Manuf*, 2009, **20**, 139-149.
- [8] Kazantzeva, I. L., Artemenko S. E., Ustinova T. P., Marinchev V. N., Use Of Statistical Control Methods For Assessing The Quality of Polycaproamide. *Fibre Chemistry*, 2000, **32**(6), 461-467.
- [9] ČSN EN ISO 2411. Textilie povrstvené pryží nebo plasty – Zjišťování přilnavosti povrstvení. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [10] Tošenovský, J., Noskiewiczová, D., Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000, 362.
- [11] Martinez, W. L., Martinez, A. R., Computational Statistics Handbook with MATLAB®. Chapman & Hall/CRC, 2002.
- [12] Martinez, W. L., Martinez, A. R., Exploratory Data Analysis with MATLAB®. Chapman & Hall/CRC, 2005.
- [13] Bednář, J., MSA-Analýza systému měření. Praha: ČVUT Praha, 2007.
- [14] Minitab User's Guide 2: Data Analysis and Quality tools. USA, 2000.

## Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Příklad označení rubové strany laminátu .....	15
Obrázek č. 2: Schéma linky plamenné laminace Schmitt.....	16
Obrázek č. 3: Použitý tloušťkoměr s úchylkoměrem Sylvac, použité závaží.....	18
Obrázek č. 4: Použitý elektromechanický zkušební stroj typu UTSE – TS2 .....	19
Obrázek č. 5: Místa měření tloušťky na odebraném vzorku laminované textilie.....	20
Obrázek č. 6: Schéma odběru vzorků .....	21
Obrázek č. 7: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	23
Obrázek č. 8: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Lamiflex 1850 mm × 3 mm. 24	
Obrázek č. 9: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	25
Obrázek č. 10: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Caligen 1830 mm × 2,5 mm.....	26
Obrázek č. 11: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 1830 mm × 2,5 mm	27
Obrázek č. 12: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	28
Obrázek č. 13: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 2,2 mm.....	29
Obrázek č. 14: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 2,2 mm	30
Obrázek č. 15: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 2,2 mm .....	31
Obrázek č. 16: Porovnání tloušťky všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	32
Obrázek č. 17: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 3 mm. 33	
Obrázek č. 18: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	34
Obrázek č. 19: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	36
Obrázek č. 20: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2,5 mm.....	38
Obrázek č. 21: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2,2 mm.....	39

Obrázek č. 22: Porovnání tloušťky velkonábalů před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	41
Obrázek č. 23: Porovnání pevnosti v l lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	43
Obrázek č. 24: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	44
Obrázek č. 25: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	45
Obrázek č. 26: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Caligen 1830 mm × 2,5 mm.....	46
Obrázek č. 27: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	47
Obrázek 28: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	48
Obrázek č. 29: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 2,2 mm.....	49
Obrázek č. 30: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 2,2 mm .....	50
Obrázek č. 31: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	51
Obrázek č. 32: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 3 mm.	52
Obrázek č. 33: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	53
Obrázek č. 34: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu před a po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	54
Obrázek č. 35: Porovnání pevnosti v lpění lící strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	55
Obrázek č. 36: Porovnání pevnosti v lící strany laminátu lícu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm.....	56
Obrázek č. 37: Porovnání pevnosti v lící strany laminátu lícu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	57
Obrázek č. 38: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	60

Obrázek č. 39: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	61
Obrázek č. 40: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	62
Obrázek č. 41: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Caligen 1830 mm × 2.5 mm.....	63
Obrázek č. 42: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 1830 mm × 2.5 mm .....	63
Obrázek č. 43: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 1830 mm × 2.5 mm .....	64
Obrázek č. 44: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 2.2 mm.....	65
Obrázek č. 45: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 2.2 mm .....	66
Obrázek č. 46: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu všech velkonábalů před relaxací, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	67
Obrázek č. 47: Výsledky ANOVA z programu MATLAB, Caligen 2060 mm × 3 mm.	67
Obrázek č. 48: Graf vícenásobného porovnávání, sledování rozdílu středních hodnot prvního velkonábalu oproti ostatním, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	68
Obrázek č. 49: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	69
Obrázek č. 50: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	70
Obrázek č. 51: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm .....	71
Obrázek č. 52: Porovnání pevnosti v lpění rubové strany laminátu před a po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	72
Obrázek č. 53: Porovnání dat tloušťky laminované textilie, po a před zpomalení výrobní linky .....	76
Obrázek č. 54: Porovnání dat lpění lícu laminované textilie, po a před zpomalení výrobní linky .....	77
Obrázek č. 55: Porovnání dat lpění rubu laminované textilie, po a před zpomalení výrobní linky .....	77
Obrázek č. 56: Grafické znázornění naměřených skupin dat lpění lícu v čase, .....	80

Obrázek č. 57: Grafické znázornění naměřených skupin dat lpění rubu v čase, .....	81
Obrázek č. 58: Bodový graf vývoje lpění lícu laminátu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	83
Obrázek č. 59: Bodový graf vývoje lpění rubu laminátu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	83
Obrázek č. 60: Digitální tloušťkoměr dostupný v laboratoři .....	85
Obrázek č. 61: Analogový tloušťkoměr dostupný ve výrobě .....	85
Obrázek č. 62: Naměřená data tloušťky ARUN 3,2 .....	87
Obrázek č. 63: Naměřená data tloušťky SLY UNI.....	88
Obrázek č. 64: Schéma analýzy systému měření MSA [13].....	89
Obrázek č. 65: Výsledky analýzy MSA SLY UNI.....	90
Obrázek č. 66: Výsledky analýzy MSA SLY UNI.....	90
Obrázek č. 67: Grafické výsledky MSA SLY UNI, části variability MSA.....	91
Obrázek č. 68: Grafické výsledky MSA SLY UNI, graf rozpětí dle operátorů .....	91
Obrázek č. 69: Grafické výsledky MSA SLY UNI, graf $\bar{x}$ dle operátorů.....	91
Obrázek č. 70: Grafické výsledky MSA SLY UNI, výsledky měření podle vzorku.....	91
Obrázek č. 71: Grafické výsledky MSA SLY UNI, krabicové grafy měření dle operátorů .....	92
Obrázek č. 72: Grafické výsledky MSA SLY UNI, interakce vzorek × operátor .....	92
Obrázek č. 73: Výsledky analýzy MSA ARUN .....	92
Obrázek č. 74: Výsledky analýzy MSA ARUN .....	93
Obrázek č. 75: Grafické výsledky MSA ARUN, části variability MSA .....	93
Obrázek č.: 76: Grafické výsledky MSA ARUN, graf rozpětí dle operátorů.....	93
Obrázek č.: 77: Grafické výsledky MSA ARUN, graf $\bar{x}$ dle operátorů.....	94
Obrázek č.: 78: Grafické výsledky MSA ARUN, výsledky měření podle vzorku.....	94
Obrázek č.: 79: Grafické výsledky MSA ARUN, krabicové grafy měření dle operátorů .....	94
Obrázek č.: 80: Grafické výsledky MSA ARUN, interakce vzorek × operátor .....	94



## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Druhy sledovaných pěn ve výrobcích.....	19
Tabulka č. 2: Naměřené tloušťky laminátu před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm ..	23
Tabulka č. 3: Výsledky vícenásobného porovnávání, Lamiflex 1850 mm × 3 mm .....	24
Tabulka č. 4: Naměřené tloušťky laminátu po výrobě, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	26
Tabulka č. 5: Výsledky vícenásobného porovnávání, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	27
Tabulka č. 6: Naměřené tloušťky laminátu po výrobě, Caligen 2060 mm × 2,2 mm .....	29
Tabulka č. 7: Výsledky vícenásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 2,2 mm .....	30
Tabulka č. 8: Naměřené tloušťky laminátu po výrobě, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	32
Tabulka č. 9: Výsledky vícenásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	33
Tabulka č. 10: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm ..	36
Tabulka č. 11: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm	37
Tabulka č. 12: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2,5 mm..	37
Tabulka č. 13: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm	38
Tabulka č. 14: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2,2 mm...	39
Tabulka č. 15: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm	40
Tabulka č. 16: Naměřené tloušťky laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	40
Tabulka č. 17: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 3 mm..	41
Tabulka č. 18: Hodnoty lpění lící strany laminátu před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	43
Tabulka č. 19: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Lamiflex 1850 mm × 3 mm....	44
Tabulka č. 20: Hodnoty lící strany laminátu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm .....	46
Tabulka č. 21: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 1830 mm × 2,5 mm...	47
Tabulka č. 22: Hodnoty lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm .....	49
Tabulka č. 23: Hodnoty lpění lící strany laminátu, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	51
Tabulka č. 24: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	52
Tabulka č. 25: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	54
Tabulka č. 26: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm	54
Tabulka č. 27: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2.5 mm.....	55
Tabulka č. 28: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm	56

Tabulka č. 29: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm.....	56
Tabulka č. 30: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm	57
Tabulka č. 31: Hodnoty lpění lící strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	57
Tabulka č. 32: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	60
Tabulka č. 33: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Lamiflex 1850 mm × 3 mm....	61
Tabulka č. 34: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Caligen 1830 mm × 2.5 mm.....	62
Tabulka č. 35: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 1830 mm × 2.5 mm...	64
Tabulka č. 36: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Caligen 2060 mm × 2.2 mm.....	65
Tabulka č. 37: Hodnoty lpění rubové strany laminátu před relaxací, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	66
Tabulka č. 38: Tabulka mnohonásobného porovnávání, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	68
Tabulka č. 39: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Lamiflex 1850 mm × 3 mm.....	69
Tabulka č. 40: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Lamiflex 1850 mm × 3 mm	69
Tabulka č. 41: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Caligen 1830 mm × 2.5 mm.....	70
Tabulka č. 42: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 1830 mm × 2,5 mm	71
Tabulka č. 43: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 2.2 mm.....	71
Tabulka č. 44: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 2,2 mm	72
Tabulka č. 45: Hodnoty lpění rubové strany laminátu po relaxaci, Caligen 2060 mm × 3 mm.....	72
Tabulka č. 46: Tabulka výsledků dvouvýběrového t-testu, Caligen 2060 mm × 3 mm..	73
Tabulka č. 47: Charakteristika použité PUR pěny, na optimalizaci rychlosti laminační linky .....	75
Tabulka č. 48: Charakteristika pěny použité v laminované textilií na měření vývoje pevnosti v lpění vrstev v čase .....	79
Tabulka č. 49: Naměřené hodnoty pevnosti v lpění lícu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	80

Tabulka č. 50: Výsledky dvouvýběrového t-testu dat lpění lícu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	80
Tabulka č. 51: Naměřené hodnoty pevnosti v lpění rubu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	81
Tabulka č. 52: Výsledky dvouvýběrového t-testu dat lpění rubu v čase, Caligen 2060 mm × 3 mm .....	82
Tabulka č. 53: Tabulka testovaných druhů laminátu .....	84
Tabulka č. 54: Výsledky testování ARUN 3,2 .....	87
Tabulka č. 55: Výsledky testování SLY UNI .....	87